



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201122149 A1

(43)公開日：中華民國 100 (2011) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：098146561

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 31 日

(51)Int. Cl. : C23C16/455 (2006.01)

C23C16/30 (2006.01)

C23C16/52 (2006.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：陳衛國 CHEN, WEIKUO (TW)；陳京玉 CHEN, CHINGYU (TW)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：52 項 圖式數：9 共 47 頁

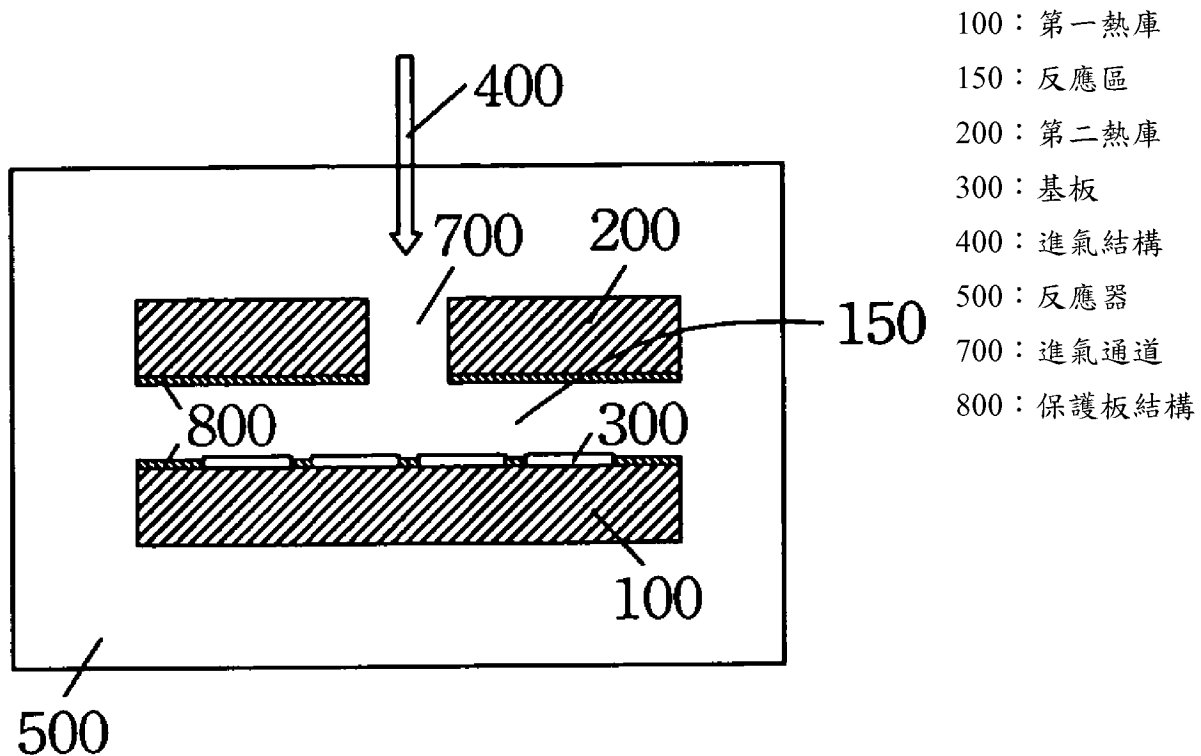
(54)名稱

反應器、化學氣相沈積反應器以及有機金屬化學氣相沈積反應器

REACTOR, CHEMICAL VAPOR DEPOSITION REACTOR, AND METAL ORGANIC CHEMICAL VAPOR DEPOSITION REACTOR

(57)摘要

一種反應器具有複數個獨立熱庫。每一熱庫可藉由加熱與冷卻的方式，來調整熱庫溫度。第一熱庫與第二熱庫面對面相對設置，且兩者內側具有一預定的距離及一預定的夾角。第一熱庫上可放置至少一基板，基板位於的一熱庫與第二熱庫之間，且第二熱庫的溫度較第一熱庫的溫度為高，以增進反應物的熱分解效率。



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 98146561 C23C 16/455 (2006.01)

※申請日： 98.12.31 ※IPC 分類： C23C 16/30 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

(中文) 反應器、化學氣相沈積反應器以及有機金屬

化學氣相沈積反應器

(英文) REACTOR, CHEMICAL VAPOR

DEPOSITION REACTOR, AND METAL

ORGANIC CHEMICAL VAPOR

DEPOSITION REACTOR

二、中文發明摘要：

一種反應器具有複數個獨立熱庫。每一熱庫可藉由加熱與冷卻的方式，來調整熱庫溫度。第一熱庫與第二熱庫面對面相對設置，且兩者內側具有一預定的距離及一預定的夾角。第一熱庫上可放置至少一基板，基板位於的一熱庫與第二熱庫之間，且第二熱庫的溫度較第一熱庫的溫度為高，以增進反應物的熱分解效率。

三、英文發明摘要：

A reactor having a plurality of individual heating units is described. A temperature of each heating unit is controlled individually by heating and/or cooling. A first

heating unit and a second heating unit are disposed face to face, and their inner sides thereof form a predetermined angle at a predetermined distance. At least one substrate is disposed on the first heating unit, and the substrate is disposed between the first heating unit and the second heating unit. The temperature of the second heating unit is higher than the temperature of the first heating unit to improve a thermal decomposition efficiency of input reactants.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2a) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100：第一熱庫	400：進氣結構
150：反應區	500：反應器
200：第二熱庫	700：進氣通道
300：基板	800：保護板結構

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種具有複數個獨立熱庫的反應器，特別是有關於一種具有複數個獨立熱庫的化學氣相沈積反應器，特別是有機金屬化學氣相沈積反應器。

【先前技術】

目前 III-V 族半導體材料已廣泛應用於發光二極體 (light emitting diodes, LEDs)、雷射二極體 (Laser diodes, LDs)、薄膜太陽能電池 (Solar cells) 等半導體光電元件上。而產業界在製造紅外光、可見光、紫外光等光電元件，大部份係使用化學氣相沈積 (Chemical Vapor Deposition, CVD) 系統，諸如氫化物氣相沈積 (Hydride Vapor Phase Epitaxy, HVPE)、氯化物氣相沈積 (Chloride Vapor Phase Epitaxy, CIVPE)、有機金屬化學氣相沈積 (Metalorganic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) 系統。CVD 系統除了用於生長上述之 III-V 族光電元件外，亦應用於製備矽/矽鍺元件、金屬層、介電層等元件所需之薄膜結構，如二氧化矽 (SiO_2)、氮化矽 (Si_3N_4)、氮氧化矽 (SiON) 或多晶矽 (polycrystalline silicon)，鎢 (tungsten, W)、鈦 (Ti)、銅 (Cu)、鋁 (Al) 金屬層，氮化鈦 (TiN)、氮化鉭 (TaN) 阻障層，鈦酸鋇鉬 (BaSrTiO_x) 高介電材料、含氟氧化矽 (SiOF) 低介電材料及鉭酸鋇鉬 (SrBiTaO_x) 鐵電材料等。

前述所提及之 CVD 系統，最常用來製造 III-V 族光電元件之薄膜製備系統就屬有機金屬化學氣相沈積

(Metalorganic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) 系統。就以異質結構之 InGaN/GaN 為例，氮化鎵(GaN)與氮化銦(InN)合成氮化銦鎵(InGaN)三元化合物可藉由適當的固相組成調配，使得發光波長由 340 nm 調變至 1800 nm，涵蓋紫外光、可見光到近紅外線波段。所以在常見的氮化物光電元件結構中，不同 InGaN 組成的雙異質結構、多重量子井或量子點常被用為元件發光層或吸收層的材料，以製備藍色、綠色、紅色發光二極體、光檢器及太陽能電池。近年來，由於高功率發光二極體及固態照明之發展，能夠提供較高電流、發光層較厚之 InGaN 雙異質結構之高功率藍、綠光發光二極體之研究已成目前產業界及學術界主要研究之重點。

然而 InGaN 三元化合物 MOCVD 的混晶成長係一個相當具挑戰的薄膜成長技術。製備上述結構之反應物通常是三甲基鎵 (trimethylgallium, TMGa)、三甲基銦 (trimethylindium, TMIIn) 及氣體氨 (ammonia, NH₃)，由於 InN 薄膜易於揮發及 NH₃ 不易分解之特性，InGaN 薄膜 MOCVD 成長會隨其組成的不同，而具有顯著的成長溫度差異。因 GaN 之熱穩定性較佳，為了獲得較完全 NH₃ 分解，較多的活性氮原子參與反應，通常 GaN 材料選擇在較高的磊晶溫度如 950°C 以上製作，以獲得較佳的磊晶薄膜品質。相對而言，InN 薄膜熱定性極差，在真空的環境下 435°C 便開始分解，627°C 即完全分解，上述的限制使得 MOCVD 的 InN 成長不得不在 550°C 至 650°C 較低的溫度範圍成長。很不幸的是，在此溫度範圍之 NH₃ 分解率約在

4%，僅有少數之 NH_3 分解，而所提供活性氮原子更低，使得 InN 薄膜出現大量氮空缺或銦空缺本體缺陷，品質遠遜於 GaN 薄膜。至於三元的 InGaN 化合物，MOCVD 的成長溫度就介於 GaN 及 InN 溫度之間。In 含量較少的 InGaN 薄膜，成長溫度較高，約在 750-800°C 左右，所成長的薄膜具有良好的光電性質。為了降低 In 揮發的效應，In 含量較多的 InGaN 薄膜通常選擇在 550-650°C 之間成長，雖然各種 In 組成之薄膜皆可合成，薄膜螢光光譜訊號相當微弱，在 In 組成介於 40-70% 之間，甚至完全沒有任何螢光訊號。除了較低成長溫度的影響外，我們認為 NH_3 的低分解率，活性氮原子供應不足，應是造成低溫成長之 MOCVD InGaN 薄膜品質不佳之主要原因之一。

現今的 CVD 系統為了提升前驅反應物的分解率以降低薄膜的成長溫度，發展出很多輔助性的方法，例如輔助以電漿、雷射、熱電阻、紫外光照射等。

專利 US 2006/0121193 A1 裝置為了促使反應氣體解離，於反應腔前方設置一預處理裝置，此預處理裝置具一電漿產生器、一催化裝置或前述之組合，在前驅反應氣體進入反應腔之前先以高能量之電漿撞擊，裂解反應氣體。

論文 Current Applied Physics 3 351 (2003)、J. Cryst. Growth 247 55 (2003) 亦直接於五族氣體管路進入反應腔之前加設預熱裝置，藉由高溫方式提升前驅反應物的分解率。

加設電漿欲處理裝置或於五族前端加設預熱裝置之 MOCVD 系統雖然能藉由外加能量方式提高反應氣體的分解率，但由於所分解之活性反應分子離長晶基板尚有一段

距離，易因為溫度降低而降低反應分子之活性，故在所加設預熱裝置之 MOCVD 系統雖具有一定效果，但其結果只稍優於傳統 MOCVD 系統。

此外，單一熱庫之反應器，其熱庫除了用以分解元素之前驅反應物外，本身亦是製備薄膜的成長溫度，就以 MOCVD 系統成長氮化鎵(GaN)塊材為例，由於氨(NH₃)反應物在 600°C 以下裂解效率僅約 4% 以下，因此需要較高的熱庫溫度以提供足夠的活性氮原子。如傳統只具有單一加熱熱庫之 MOCVD 系統成長 GaN 塊材時，其成長溫度就必須高於 950°C 以上才有較好的磊晶品質 [Jpn. J. Appl. Phys. 36 L598 (1997)]。此外，就藍光或綠光的 InGaN 塊材薄膜而言，藍光(450 nm)的 InGaN 之 In 組成約在 19% 左右，綠光(520 nm)所需的 In 組成約在 25% 左右。通常發光波長愈長的薄膜所須的 In 成份就愈高。由於 InGaN 發光層之磊晶製備受限於高 In 揮發性及 NH₃ 不易分解之特性，因此限制了高 In 組成 InGaN 材料之成長溫度上限。通常提高磊晶溫度雖然能增加 NH₃ 反應物分解率，但亦使 In 原子產生大量的脫附現象，致使高 In 組成不易合成。相反地，磊晶溫度愈低，In 組成愈高，但卻使得 NH₃ 反應物分解率更低，活性氮原子因此供應不足容易造成氮空缺、銦錯位等本質缺陷，而導致薄膜品質不佳。

同時，對 CVD 薄膜製備而言，在未發生高溫副反應之前，通常愈高的溫度愈能合成較高品質之薄膜。因藍光 InGaN 之 In 組成(19%)較低，利用習知單一熱庫的 MOCVD 的技術，可以在 800°C 之磊晶溫度獲得高品質的藍光發光材

料。倘若欲將發光層的波長延伸至綠光(520 nm)，即 In 的組成需進一步提升至 25 % 左右。為了因應高溫 In 易揮發之特性，不得不降低薄膜製備的磊晶溫度至 $\sim 750^{\circ}\text{C}$ 。惟相較於藍光材料而言，綠光薄膜發光強度明顯下降一個數量級 [J. Cry. Growth. 189 57 (1998)]，薄膜品質遠遜於藍光的發光材料，這就是綠光發光二極體內部量子轉換效率始終不高的主要原因之一。

【發明內容】

鑒於上述之先前技術中所述，由於單一加熱熱庫之反應器，其熱庫除了用以分解元素之前驅反應物外，本身亦是製備薄膜的成長溫度，兩者相互牽制的情況下，特別是在前驅反應物之熱分解溫度較高，而所製備之薄膜材料又較易於低溫分解的情況下，不易沈積出高品質的薄膜。

本發明之一目的係提供一種能夠成長高品質薄膜的反應器。在製備薄膜時，前驅反應物熱分解及薄膜成長溫度可以分開控制，以藉由提高第二熱庫溫度，提昇前驅反應物的熱分解效率，或完全熱分解前驅反應物。因此，我們可在較低的第一熱庫溫度成長高品質薄膜，特別是高揮發性，熱較不穩定的薄膜材料；然同時不妨礙在高溫成長高品質的薄膜。

本發明之另一目的係提供一種反應器，能夠有效的提供中間組成區域的多元化合物薄膜，特別是磊晶禁制區 (miscibility gap) 的薄膜，及不易合成之組成薄膜。利用至少具有兩個熱庫的反應器，我們可以分別控制前驅反應物熱

分解及薄膜成長的溫度，以在較低的熱庫溫度下成長高品質不同組成薄膜，特別是中間組成區域的多元化合物薄膜。

本發明之又一目的係在提供一種反應器，具有良好的低溫薄膜成長能力。在相對低溫下可以成長任何異質結構之半導體元件製作，如 p/n 介面、同質、雙異質結構與多層量子井結構、磁性自旋電晶體與半導體光電元件諸如發光二極體、雷射二極體亦或單電子電晶體之製作外，尚可以結合目前以矽材料為主之半導體業較為先進之製程，製作出更為先進的半導體元件。

因此，本發明之一態樣，係揭露一種反應器，用以在至少一基板上形成一薄膜，其包含有一第一熱庫以及一第二熱庫。第一熱庫與第二熱庫面對面相對設置，且第一熱庫的溫度與第二熱庫的溫度均可獨立控制，其中第一熱庫可放置至少一基板，且基板位於第一熱庫與第二熱庫之間，而第二熱庫可將通入反應器的反應物加熱分解，並在第一熱庫上的至少一基板表面形成一薄膜，且薄膜至少由一種以上具固定化學計量比例的成分組成。其中，第一熱庫與第二熱庫的內側面形成一夾角，此夾角係可調整。

其中，上述之基板可被驅動旋轉，例如是利用步進馬達帶動旋轉之方式或氣浮式之旋轉方式，且第一熱庫與第二熱庫之間的一間距可調整，較佳地介於約數微米至 300 毫米 (millimeter; mm) 之間。

上述之第一熱庫與第二熱庫可利用接觸式加熱方式，例如是熱阻絲電熱加熱，或非接觸式加熱方式，例如是電磁波感應加熱或電磁波輻射加熱，進行溫度控制。其中，

電磁波感應加熱可以是高週波感應加熱，而電磁波輻射加熱則可以是紫外光、可見光或遠紅外線燈管加熱等方式加熱，均不脫離本發明之精神與範圍。此反應器更可以輔以冷卻方式，例如採用液冷或氣冷方式，並配合前述加熱的方式控制第一熱庫與第二熱庫在製程中所需的溫度，並擴大第一熱庫與第二熱庫兩者之間的溫差。

上述之基板則可以選自於玻璃基板、氮化鎵基板、氧化鋁基板、碳化矽基板、砷化鎵基板、磷化銻基板以及矽基板所構成之群組。而反應物則可選自於週期表 IA、IIA、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB、VIII、IB、IIB、IIIA、IVA、VA、VIA、VIIA 及 VIIIA 族元素之前驅反應物所構成之群組。

其中，反應物可經由第一熱庫與第二熱庫之間的一間隙進入反應區，以進行反應。或者是，第一熱庫及/或第二熱庫更可以形成中央氣體通道及/或複數個氣體通道，使得反應物可經由第一熱庫及/或第二熱庫的氣體通道進入反應區，以進行反應。亦或者是，部份反應物亦可經由第一熱庫及/或第二熱庫的氣體通道進入反應區，而另一部份的反應物則經由第一熱庫與第二熱庫之間間隙進入反應區，以進行反應，其均不脫離本發明之精神與範圍。

此外，本發明之另一態樣係揭露一種化學氣相沈積反應器，用以在至少一基板上形成一薄膜，其包含有上述之第一熱庫與第二熱庫。

本發明之又一態樣係揭露一種有機金屬化學氣相沈積反應器，用以在至少一基板上形成一薄膜，其包含有上述

之第一熱庫與第二熱庫。

因此，本發明所揭露之反應器，其包含有上述之第一熱庫與第二熱庫，可藉由具有獨立溫度控制之熱庫，於基板上沈積出一薄膜結構，此結構可以為單層薄膜與多層薄膜結構、同質、雙異質結構、多層量子井結構、奈米結構(如：具量子效應之量子點)等結構，而此結構中之薄膜層或奈米結構至少由一種具固定化學計量比例的成分組成一元、二元、三元、四元或多元化合物，可以是含週期表 IA、IIA、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB、VIII、IB、IIB、IIIA、IVA、VA、VIA、VIIA 及 VIIIA 族之元素。

就習知單一熱庫之反應器而言，其熱庫溫度除了作為製備薄膜的成長溫度外，本身亦作為前驅反應物之熱分解溫度。故若前驅反應物之熱分解溫度較高，而所製備之薄膜材料又較易於低溫分解，由於彼此之間形成限制，使得薄膜製備不得不在較低的溫度進行製備薄膜。然而熱分解溫度過低，前驅反應物熱分解不完全的結果，往往造成薄膜品質不佳，無法達成製備高性能電子或光電元件之薄膜要求。

因此，本發明所揭露之反應器利用獨立溫度控制的兩個熱庫，第二熱庫與第一熱庫面對面相對配置，且第一熱庫之溫度係為薄膜的成長溫度，而第二熱庫的溫度主要係用於元素前驅反應物的熱分解。所以，利用本發明所揭露之反應器可成長各種高品質薄膜。由於前驅反應物熱分解與薄膜成長溫度可以分開控制，且均於一相同的反應室中，不僅可以成長一般低反應物熱解溫度、高薄膜成長溫

度之薄膜，更可製備高反應物熱解溫度、低薄膜成長溫度之薄膜。更由於第二熱庫之設置，本發明所揭露之反應器可以使得前驅反應物的熱分解更為完全，所以可以在較低的成長溫度即可獲得高品質的薄膜，同時亦不妨礙在高溫成長高品質的薄膜。

因此，本發明所揭露之反應器具有較低溫度成長薄膜的特性，可以改善各種光電元件及電子元件，例如是發光二極體(LEDs, light emitting diodes)、雷射二極體、光檢器、固態光源、薄膜太陽能電池，並包括矽、矽鍺、多晶矽(LTPS)等積體電路元件的品質。

【實施方式】

本發明係揭露一種具有複數個獨立熱庫的反應器，藉由分別控制前驅反應物熱分解及薄膜成長的溫度，以在預定的溫度下，成長出所需的高品質薄膜。以下將以圖示及詳細說明清楚說明本發明之精神，如熟悉此技術之人員在瞭解本發明之較佳實施例後，當可由本發明所教示之技術，加以改變及修飾，其並不脫離本發明之精神與範圍。

參閱第 1a 圖至第 1c 圖，其係繪示一反應器 500，反應器 500 的內部設置有兩個獨立加熱的第一熱庫 100 與第二熱庫 200。其中，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 係以相互面對面的配置，例如是，水平置放，第一熱庫 100 在下方且第二熱庫 200 在上方，如第 1a 圖所示。或者是，第一熱庫 100 設置於上方，第二熱庫 200 設置於下方，如第 1b 圖所示。在第一熱庫 100 內側表面置放及固定一個或複數個

基板 300。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的最小間距係可調整，調整範圍如數微米至 300 mm，較佳的間距 5 至 50 mm，更佳間距是 10 至 20mm。第一熱庫 100 與第二熱庫 200 相互面對面的配置，亦可係呈垂直設置，參閱第 1c 圖。

此外，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 相對的內側面亦可呈現一預定的角度設置，角度調整範圍如 0 度至 60 度，較佳的是 0 度至 20 度，更佳的是 0 度至 10 度，其均不脫離本發明之精神與範圍。

● 當進行薄膜製備時，複數個反應物可藉由進氣結構 400 輸入反應器 500，並經由第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間間隙進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間所形成的反應區 150，其可以水平流過基板 300，較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 流動，以進行反應，並在基板 300 表面形成一薄膜。

● 參閱第 2a 圖-第 2d 圖，第 2a 圖-第 2d 圖係繪示一反應器 500，反應器 500 的內部設置有兩個獨立加熱的第一熱庫 100 與第二熱庫 200。其中，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 係以相互面對面的配置，例如是，水平置放。第一熱庫 100 在下方且第二熱庫 200 在上方，且在第一熱庫 100 內側表面置放及固定一個或複數個基板 300。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的最小間距係可調整，調整範圍如數微米至 300mm，較佳的間距 5 至 50mm，更佳間距是 10 至 20mm。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 相對的內側面亦可呈現一預定的角度設置，角度調整範圍如 0

度至 60 度，較佳的是 0 度至 20 度，更佳的是 0 度至 10 度，其均不脫離本發明之精神與範圍。

其中，第一熱庫 100 或第二熱庫 200 的至少其中之一，具有氣體通道 700 以提供反應物進入反應器 500，穿過熱庫之氣體通道 700 係通過該熱庫中央之通道或複數個氣體通道。且氣體通道 700 亦可以連接反應物之進氣結構 400，並成為進氣結構 400 之部份構造。複數個反應物則經由此進氣結構 400 與氣體通道 700 輸入反應器 500，並進入反應區 150。

● 參閱第 2a 圖-第 2d 圖所繪示之水平反應器，即第一熱庫 100 在下方且第二熱庫 200 在上方之水平反應器。其中第 2a 圖-第 2b 圖進氣通道 700 係位於上方的第二熱庫 200 內。氣體通道 700 可為通過第二熱庫 200 之中央通道或複數個氣體通道。複數個反應物可完全透過具有中央通道的第二熱庫 200(如第 2a 圖所示)或完全透過具有複數個氣體通道的第二熱庫 200(如第 2b 圖所示)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

● 另參閱第 2c 圖-第 2d 圖所繪示之水平反應器，即第一熱庫 100 在下方且第二熱庫 200 在上方之水平反應器；其中第 2c 圖-第 2d 圖進氣氣體通道 700 係位於下方的第一熱庫 100 內。氣體通道 700 可為通過第一熱庫 100 之中央通道或複數個氣體通道。複數個反應物可完全透過具有中央通道的第一熱庫 100(如第 2c 圖)或完全透過具有複數個氣體通道 700 的第一熱庫 100(如第 2d 圖所示)進入第一熱庫

100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 2a 圖-第 2d 圖所繪示之水平反應器，其中為了避免氣體的渦流效應，所以在第一熱庫 100 內側表面上的複數個基板 300 可以置放於距離中心有一定距離的外側位置，以使反應物可更均勻地流過基板 300 的表面。圖示中氣體通道 700，可以是複數個通道、多孔性通道或單一通道，本發明之圖式僅象徵性繪示，然其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

參閱第 3a 圖-第 3d 圖，其係繪示一反應器 500，反應器 500 的內部設置有兩個獨立加熱的第一熱庫 100 與第二熱庫 200。其中，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 係以相互面對面的配置，例如是，水平置放。第一熱庫 100 在上方且第二熱庫 200 在下方，且在第一熱庫 100 內側表面置放及固定一個或複數個基板 300。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的最小間距係可調整，調整範圍如數微米至 300mm，較佳的間距 5 至 50mm，更佳的是 10 至 20mm。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 相對的內側面亦可呈現一預定的角度設置，角度調整範圍如 0 度至 60 度，較佳的是 0 度至 20 度，更佳的是 0 度至 10 度，其均不脫離本發明之精神與範圍。

其中，第一熱庫 100 或第二熱庫 200 的至少其中之一，具有氣體通道 700 以提供反應物進入反應器 500，穿過熱庫之氣體通道 700 係通過該熱庫之中央通道或複數個氣體通道，且氣體通道 700 亦可以連接反應物之進氣結構 400，

並成為進氣結構 400 之部份構造。複數個反應物則經由該進氣結構 400 與氣體通道 700 輸入反應器 500，並進入反應區 150。

參閱第 3a 圖-第 3d 圖所述之水平反應器，即第一熱庫 100 在上方且第二熱庫 200 在下方之水平反應器；其中第 3a 圖-第 3b 圖進氣通道 700 係位於上方的第一熱庫 100 內。氣體通道 700 可為通過第一熱庫 100 之中央通道或複數個氣體通道。複數個反應物可完全透過具有中央通道的第一熱庫 100(如第 3a 圖所示)或完全透過具有複數個氣體通道的第一熱庫 100(如圖 3b 所示)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 3c 圖-第 3d 圖所述之水平反應器，即第一熱庫 100 在上方且第二熱庫 200 在下方之水平反應器；其中第 3c 圖-第 3d 圖進氣氣體通道 700 係位於下方的第二熱庫 200 內。氣體通道 700 可為通過第二熱庫 200 之中央通道或複數個氣體通道。複數個反應物可完全透過具有中央通道的第二熱庫 200 (如第 3c 圖所示)或完全透過具有複數個氣體通道的第二熱庫 200 (如第 3d 圖所示)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 3a 圖-第 3d 圖所繪示之水平反應器，其中為了避免氣體的渦流效應，所以在第一熱庫 100 內側表面上的複數個基板 300 可以置放於距離中心有一定距離的外側位置，以使反應物可更均勻地流過基板 300 的表面。圖示中

氣體通道 700，可以是複數個通道、多孔性通道或單一通道，本發明之圖式僅象徵性繪示，然其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

參閱第 4a 圖-第 4d 圖，其係繪示一反應器 500，反應器 500 的內部設置有兩個獨立加熱的第一熱庫 100 與第二熱庫 200。其中，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 係以相互面對面的配置，例如是，水平置放。第一熱庫 100 在下方且第二熱庫 200 在上方，且在第一熱庫 100 內側表面置放及固定一個或複數個基板 300。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的最小間距係可調整，調整範圍如數微米至 300mm，較佳的間距 5 至 50mm，更佳的是 10 至 20mm。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 相對的內側面亦可呈現一預定的角度設置，角度調整範圍如 0 度至 60 度，較佳的是 0 度至 20 度，更佳的是 0 度至 10 度，其均不脫離本發明之精神與範圍。

其中第一熱庫 100 及第二熱庫 200 皆具有氣體通道 700 以提供反應物進入反應器 500，且氣體通道 700 可為中央通道或複數個氣體通道結構。氣體通道 700 亦可以連接反應物之進氣結構 400，並成為進氣結構 400 之部份構造。複數個反應物則經由該進氣結構 400 與氣體通道 700 輸入反應器 500，並進入反應區 150。

參閱第 4a 圖-第 4d 圖所述之水平反應器，其中第一熱庫 100 及第二熱庫 200 皆具有進氣氣體通道 700，且氣體通道 700 可為中央通道或複數個氣體通道。參閱第 4a 圖-第 4b 圖，複數個反應物除了部分可透過具有中央通道的第

二熱庫 200，進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，另一部份的複數個反應物可透過具有中央通道的第一熱庫 100(如第 4a 圖)或透過具有複數個氣體通道的第一熱庫 100(如第 4b 圖)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 4c 圖-第 4d 圖，複數個反應物除了部分可透過具有複數個氣體通道的第二熱庫 200，進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，另一部份的複數個反應物可透過具有中央通道的第一熱庫 100 (如第 4c 圖)或透過具有複數個氣體通道的第一熱庫 100 (如第 4d 圖)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 4a 圖-第 4d 圖所繪示之水平反應器，其中為了避免氣體的渦流效應，所以在第一熱庫 100 內側表面上的複數個基板 300 可以置放於距離中心有一定距離的外側位置，以使反應物可更均勻地流過基板 300 的表面。圖示中氣體通道 700，可以是複數個通道、多孔性通道或單一通道，本發明之圖式僅象徵性繪示，然其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

參閱第 5a 圖-第 5d 圖，其係繪示一反應器 500，反應器 500 的內部設置有兩個獨立加熱的第一熱庫 100 與第二熱庫 200。其中，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 係以相互面對面的配置，例如是，水平置放。第一熱庫 100 在上方

且第二熱庫 200 在下方，且在第一熱庫 100 內側表面置放及固定一個或複數個基板 300。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的最小間距係可調整，調整範圍如數微米至 300mm，較佳的間距 5 至 50mm，更佳の間距是 10 至 20mm。其中第一熱庫 100 與第二熱庫 200 相對的內側面亦可呈現一預定的角度設置，角度調整範圍如 0 度至 60 度，較佳的是 0 度至 20 度，更佳的是 0 度至 10 度，其均不脫離本發明之精神與範圍。

其中第一熱庫 100 及第二熱庫 200 皆具有氣體通道 700 以提供反應物進入反應器 500，且氣體通道 700 可為中央通道或複數個氣體通道的結構。氣體通道 700 亦可以連接反應物之進氣結構 400，並成為進氣結構 400 之部份構造。複數個反應物則經由該進氣結構 400 與氣體通道 700 輸入反應器 500，並進入反應區 150。

參閱第 5a 圖-第 5d 圖所述之水平反應器，其中第一熱庫 100 及第二熱庫 200 皆具有進氣氣體通道 700，且氣體通道 700 可為中央通道或複數個氣體通道的結構。參閱第 5a 圖-第 5b 圖，複數個反應物除了部分可透過具有中央通道的第一熱庫 100，進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，另一部份的複數個反應物可透過具有中央通道的第二熱庫 200 (如第 5a 圖)或透過具有複數個氣體通道的第二熱庫 200 (如第 5b 圖)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 5c 圖-第 5d 圖，複數個反應物除了部分可透過

具有複數個氣體通道的第一熱庫 100，進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，另一部份的複數個反應物可透過具有中央通道的第二熱庫 200 (如第 5c 圖)或透過具有複數個氣體通道的第二熱庫 200(如第 5d 圖)進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，並流過基板 300 的表面，且較佳的是以均勻氣流方式在基板 300 表面流動。

參閱第 5a 圖-第 5d 圖所繪示之水平反應器，其中為了避免氣體的渦流效應，所以在第一熱庫 100 內側表面上的複數個基板 300 可以置放於距離中心有一定距離的外側位置，以使反應物可更均勻地流過基板 300 的表面。圖示中氣體通道 700，可以是複數個通道、多孔性通道或單一通道，本發明之圖式僅象徵性繪示，然其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

參閱第 5a 圖-第 5d 圖反應器所示，複數個反應物除了部分可透過第一熱庫 100 的氣體通道 700，另一部份的複數個反應物透過第二熱庫 200 的氣體通道 700 進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150 外，其餘部份亦可由第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的間隙進入反應區 150，其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

綜合上述之說明，本發明所述的反應器，其反應物可以完全經由第一熱庫 100 的氣體通道 700，或者完全由第二熱庫 200 的氣體通道 700 進入第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間的反應區 150，亦可以完全由第一熱庫 100 與第二

熱庫 200 之間間隙進入反應區 150。反應物更可以同時經由第一熱庫 100 的氣體通道 700、第二熱庫 200 的氣體通道 700 或第一熱庫 100 與第二熱庫 200 之間間隙，亦即經由至少兩個(含)以上的進氣方式，進入反應區 150。其中該至少一氣體通道係複數個氣體通道，以使該至少部份的該些反應物彼此分開地進入反應器。上述進氣方式與氣體通道結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

如第 1a 圖-第 1c 圖、第 2a 圖-第 2d 圖、第 3a 圖-第 3d 圖、第 4a 圖-第 4d 圖及第 5a 圖-第 5d 圖所示，其中每一熱庫皆可獨立控制所需的溫度，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 溫度控制可利用接觸加熱方式如熱阻絲電熱加熱，或非接觸加熱方式進行如電磁波感應加熱或電磁波輻射加熱。最佳的是溫度控制亦可輔以冷卻方式進行如液冷或氣冷方式，以擴大兩個熱庫之間的溫差，達到提升反應物裂解效率，及低溫成長高品質薄膜的目標，同時亦不妨礙在高溫成長高品質的薄膜。其中，第一熱庫 100 可以為複數個熱庫結構，且該複數個熱庫結構可以分別控制溫度，亦可以進行統一的溫度控制。同時，第二熱庫 200 亦可以為複數個熱庫結構，且該複數個熱庫結構可以分別控制溫度，亦可以進行統一的溫度控制，其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

其中，第一熱庫 100 與第二熱庫 200 和反應氣體接觸面或所有的表面亦可放置或覆蓋一保護板結構 800，熱庫與保護板結構 800 之間有良好熱接觸，使反應氣體不與熱

庫直接接觸，以保護熱庫的材質，以延長熱庫的使用壽命。較佳的保護板 800 是不易與反應物反應之材料製成，如石英玻璃、藍寶石機板、白金片與鉬金屬板等；更佳的保護板材料係同時另具有低放射率(Emissivity)的材料，可以降低熱輻射效應。較有利的是保護板結構 800 為可更換，定期更換覆蓋板結構 800 可使沉積於其上的沉積物可維持在一可容忍之範圍內，其結構可依實際的需求進行設計，均不脫離本發明之精神與範圍。

因此，上述之反應器 500 可以利用上方、下方及/或側方的進氣結構與氣體通道通入反應物，並將反應物，以均勻氣流方式流動的方式流動於第一熱庫與第二熱庫之間，以形成所需的薄膜。

只具有單一熱庫之傳統 MOCVD 磊晶系統，因其加熱熱庫除了用以分解元素之前驅反應物外，本身亦是製備薄膜的成長溫度。而本發明則設計了兩個以上的獨立加熱熱庫的裝置，亦即第一熱庫的溫度可作為薄膜材料的成長溫度，而第二熱庫的溫度較第一熱庫溫度為高，可用以提昇前驅反應物的熱分解效率。

GaN 塊材成長之實施例

第 6 圖係 GaN 材料螢光光譜量測所量測之低溫(14K)螢光光譜圖。GaN 能隙為直接能隙，能隙值為 3.4 eV，所以 365 nm 附近之發光光譜係屬 GaN 材料近能帶躍遷(near-band-edge emission)之發光波段，較佳的 GaN 材料的螢光光譜僅具有近能帶躍遷之發光波段峰值約在 3.4eV 左

右，參閱第 6 圖(a)。由於然而，GaN 通常係長在異質基座材料上，如藍寶石基座(Al_2O_3)，兩者 C-軸晶格常數分別為 0.51、0.13 nm，晶格不匹配度高達 16%，若未在適當的磊晶條件下成長時，如 850°C 以下的磊晶溫度，GaN 薄膜品質普遍不佳，此時近能帶躍遷之發光強度會急遽下降，且螢光光譜另會產生一分佈較廣且 PL 強度較強之黃光能帶躍遷光譜(yellow emission)，峰值約在 2.2eV 左右，半高寬可達 380meV，參閱第 6 圖(b)。

在本發明第一個實施例中，我們以 MOCVD 成長的 GaN 薄膜為例，比較習知單一熱庫反應器與本發明具有兩個獨立熱庫之反應器之差異。參閱第 7 圖，當反應器中通入前驅反應物 trimethylgallium (TMGa)、ammonia (NH_3)，並調變基板的成長溫度(即習知反應器單一熱庫的溫度，及本發明第一熱庫的溫度)由 700°C 調變至 1130°C，進行兩個系列的 GaN 薄膜成長。兩個系列唯一不同的是，本發明具有兩個熱庫之反應器在成長 GaN 薄膜時，第二熱庫始終保持在較第一熱庫為高的溫度，如 850 至 1130°C，以增進前驅反應物熱分解效率。

由於螢光光譜積分強度通常又與光電材料之發光效率，即電子轉換成光子之內部量子轉換效率(internal quantum efficiency)，直接有所關連。故在第 7 圖中，我們呈現 GaN 薄膜螢光光譜積分強度(integrated photoluminescence intensity)與磊晶溫度之變化曲線圖。由第 7 圖可知，在 900°C 以上之高溫成長時，習知與本發明反應器所成長 GaN 塊材之螢光光譜(Photoluminescence)發光

強度相去不遠，與成長溫度大致無關。然而，一旦低於 900°C 成長溫度時，兩者即顯現明顯的差異。習知技術所成長 GaN 薄膜之螢光訊號，當成長溫度低於 900°C 時即呈現急遽下降的趨勢。 750°C 薄膜之發光強度約僅為高溫 1130°C 之薄膜之萬分之一之訊號強度。當成長溫度進一步降低至 700°C 時，所成長之 GaN 薄膜則完全沒有任何螢光訊號。反觀本發明利用兩個熱庫反應器所成長的 GaN 薄膜，第一熱庫的溫度由高溫 1130°C 一直至 700°C 所成長薄膜的螢光強度始終保持在較高的強度並無明顯的變化；值得注意的是，低溫 700°C 所成長的薄膜發光強度竟與 1130°C 薄膜相當，就目前之紀錄而言，是有史以來最好光學品質的 MOCVD GaN 薄膜。

此外，除了發光強度外，螢光光譜近能隙躍遷半高寬亦是代表薄膜材料光學品質之重要參考指標。半高寬愈窄，薄膜晶體的結構性愈佳，雜質濃度愈低，本質缺陷如空缺缺陷、錯位缺陷、線缺陷也較少。

參閱第 7 圖右下方之插圖所示，習知技術在 1130°C 所成長之 GaN 薄膜螢光光譜近能隙躍遷之半高寬約為 11 meV，隨著磊晶溫度之降低，半高寬逐步增加，在 900°C 增為 22 meV，在 750°C 攀升至 40 meV，在 700°C 因無光學訊號，所以並無法獲得相關的半高寬值。由第 7 圖右下方插圖亦可觀察，本發明利用兩個熱庫所成長的 GaN 薄膜，成長溫度從 1130°C 降低至 800°C 時其 PL 光譜半高寬緩慢由 12 meV 稍微增加至 30 meV，當溫度低於 800°C 以下，其半高寬其半寬逐漸降低，在 700°C 更降至 14meV 左右，發光

品質並不遜於高溫成長的薄膜。是以利用本發明之反應器可以成長任何所需的薄膜，因前驅反應物熱分解及薄膜成長溫度可以分開控制，可以使得前驅反應物的熱分解更為完全，因此可以在較低的成長溫度下，即可獲得高品質的薄膜，且並不妨礙在高溫成長高品質的薄膜。

InGaN 薄膜成長之實施例

在本發明之另一實施例中，係以成長 InGaN 薄膜為例。InGaN 材料係 GaN 光電元件發光層的材料，所以它主導 GaN 元件之發光波長。理論上，藉由改變 InGaN 發光層中之 In 組成，我們得以將發光元件之發光波長由紫外光之 365nm 調整至紅外線之 1800nm。GaN 發光元件之發光波長與內部量子轉換效率之良窳，主要都是由 InGaN 發光層之薄膜光電品質決定。因此，InGaN 材料可謂是 GaN 光電元件中最重要之關鍵材料。

InGaN 薄膜組成，因材料本身特性之限制與生長技術條件的不同，一般可分為三個區域：低 In 組成區(<40%)、高 In 組成區(>80%)與中間 In 組成區(40-80%)。由於習知 MOCVD 之技術限制，如高 In 揮發之特性和低 NH₃ 分解率之限制，良好光學品質之低 In 組成 InGaN 薄膜通常僅能在 700-800°C 之高溫成長，也因由於薄膜係於高溫成長，具有較高 In 組成之 InGaN 薄膜成長不易，所以一般而言，In 組成通常不高於 40%。至於高 In 組成之 InGaN 薄膜，由於 In 含量較多，必須在較低的溫度 550-650°C 之間成長，雖然所成長之薄膜已具良好的光學品質，但整體而言，高 In 之

InGaN 薄膜光學品質還是遠遜於低 In 組成之 InGaN 薄膜，目前仍未到達量產元件所需之薄膜品質。至於 InGaN 中間組成之薄膜，除了上述薄膜成長之限制因素外，尚須考量混晶不易 (miscibility) 之問題。對 InGaN 而言，愈高的溫度成長，中間組成之薄膜愈難合成，然而，降低磊晶溫度，雖可合成中間組成之 InGaN 薄膜，但直至目前為止，尚不易達成所需的光學性質。

參閱由第 8 圖，其係繪示本發明具有兩個熱庫反應器所成長 InGaN 薄膜之 In 組成與發光波長之變化圖。為了與習知技術所成長的 InGaN 薄膜比較，我們特別將目前文獻資料所能搜尋表現優越之 InGaN 團隊，Kansas University 之 H.X. Jiang 教授之研究數據亦收錄於圖中。在圖中我們亦將每一個樣品的磊晶溫度標示。由初步的實驗數據顯示雖然習知與本發明反應器所成長的 InGaN 的組成範圍類似，約在 10% 至 40% 之間，但本發明所成長的較高 In 組成之 InGaN 薄膜的發光波長卻更長，可以延伸至 680nm 紅光，甚至到 740nm 的近紅外光的波長。目前習知技術所能夠成長的 InGaN 薄膜之波長約僅能到達 650nm 左右，由此可知，利用本發明反應器所能成長的波長波段已超過習知技術的技術瓶頸。

由於 InGaN 材料發光波長與其所對應發光強度係光電業者主要的關心議題之一，我們將上述本發明與姜教授利用習知技術所成長的 InGaN 系列薄膜的相對發光強度與發光波長的變化曲線製作成圖，如第 9 圖所示。利用習知技

術所成長之 InGaN 薄膜，因採一個熱庫之設計， NH_3 之分解率相對較低，其所成長 InGaN 薄膜之發光強度隨著發光波長之增加約呈指數型之驟減變化。發光波長為 590 nm 之發光強度僅為 370nm 之二千分之一。雖然他們可以成長出各種 InGaN 薄膜組成，但並不易形成任何波長大於 650 nm 之光學訊號。反觀本發明，利用兩個獨立熱庫所成長 InGaN 薄膜之發光強度並無大幅的變化。值得注意的是，當發光波長由 420 nm 增加至 740nm 時，發光強度僅約略降為原來的 1/5。特別值得注意的是，習知技術所成長之 InGaN 薄膜不易成長出具發光性質且發光波長高於 650 nm 之 InGaN 薄膜，然而本發明所成長之 InGaN 薄膜，目前發光波長已至少可以延伸至 740 nm，且發光強度尚無急遽下降之趨勢。

如前所述，除了發光強度外，螢光光譜之半高寬值亦是光學品質優劣之重要觀察指標。如第 9 圖右下方之插圖所示，習知技術成長 InGaN 薄膜螢光光譜之半高寬值隨著發光波長之增加呈現明顯之增加，由發光波長 420 nm 之半高寬值 140nm，增加至 590 nm 的半高寬值 300 nm。然而本發明所成長 InGaN 薄膜之半高寬，卻僅增加約兩倍左右，且 740 nm 發光波長之半高寬亦僅為 180 nm。

因此，本發明所揭露之反應器，可藉由具有獨立溫度控制之熱庫，於基板上沈積出一薄膜結構，此結構可以為單層薄膜與多層薄膜結構、同質、雙異質結構、多層量子井結構、奈米結構(如：具量子效應之量子點)等結構，而此結構中之薄膜層或奈米結構至少由一種具固定化學計量比

例的成分組成一元、二元、三元、四元或多元化合物，可以是含週期表 IA、IIA、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB、VIII、IB、IIB、IIIA、IVA、VA、VIA、VIIA 及 VIIIA 族之元素。例如是 Si、Ge、SiGe、SiC、AlP、AlSb、AlN、GaP、GaAs、GaN、GaS、GaSb、InN、InP、InAs、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、PbSe、PbTe、CuO、AlGaAs、AlGaP、AlInN、InGaP、InGaAs、GaAsP、GaAlAs、GaAsN、InGaAsP、InAlGaAs、AlGaAsP 或 AlInGaP 所構成之薄膜。其中薄膜亦可摻雜 P 型、N 型或同價電性元素，其亦不脫離本發明之精神與範圍。

相較於習知單一熱庫之反應器而言，其熱庫溫度除了作為製備薄膜的成長溫度外，本身亦作為前驅反應物之熱分解溫度，故若前驅反應物之熱分解溫度較高，而所製備之薄膜材料又較易於低溫分解，由於彼此之間相互制肘的溫度限制，使得在磊晶時不得不採取較低的溫度製備薄膜。然而熱分解溫度過低，前驅反應物熱分解不完全的結果，往往造成薄膜品質不佳，無法達成製備高性能電子或光電元件之薄膜要求。

因此，本發明所揭露之反應器利用獨立溫度控制的兩個熱庫，第二熱庫與第一熱庫面對面相對配置，且第一熱庫之溫度係為薄膜的成長溫度，而第二熱庫的溫度主要係用於增進元素前驅反應物的熱分解。所以，利用本發明所揭露之反應器可成長各種高品質薄膜。由於前驅反應物熱分解與薄膜成長溫度可以分開控制，不僅可以成長一般低反應物熱解溫度、高薄膜成長溫度之薄膜，更可製備高反

應物熱解溫度、低薄膜成長溫度之薄膜。更由於第二熱庫之設置，本發明所揭露之反應器可以使得前驅反應物的熱分解更為完全，所以可以在較低的成長溫度即可獲得高品質的薄膜，同時亦不妨礙在高溫成長高品質的薄膜。

因此，本發明所揭露之反應器具有較低溫度成長薄膜的特性，可以改善各種光電元件及電子元件，例如是發光二極體(LEDs, light emitting diodes)、雷射二極體、光檢器、固態光源、薄膜太陽能電池，並包括矽、矽鍺、多晶矽(LTPS)等積體電路元件的品質。

如熟悉此技術之人員所瞭解的，以上所述係為本發明之實施例，凡其它未脫離本發明所揭示之精神下所完成之等效改變或修飾，均應包含在下述之申請專利範圍內。

【圖式簡單說明】

為讓本發明之上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖式之詳細說明如下：

第 1a 圖-第 1c 圖係為本發明所揭露之一種具有複數個獨立熱庫的反應器之複數個實施例；

第 2a 圖-第 2d 圖亦係為本發明所揭露之一種具有複數個獨立熱庫的反應器之複數個實施例；

第 3a 圖-第 3d 圖亦係為本發明所揭露之一種具有複數個獨立熱庫的反應器之複數個實施例；

第 4a 圖-第 4d 圖亦係為本發明所揭露之一種具有複數個獨立熱庫的反應器之複數個實施例；

第 5a 圖-第 5d 圖亦係為本發明所揭露之一種具有複數

{ S }

個獨立熱庫的反應器之複數個實施例；

第 6 圖係(a)較佳的 GaN 薄膜及(b)較差的 GaN 薄膜之低溫(14K)螢光光譜；

第 7 圖係本發明與習知技術之 GaN 薄膜螢光光譜積分強度(integrated photoluminescence intensity)與磊晶溫度之變化曲線圖；右下方的插圖係其半高寬與磊晶溫度之變化曲線圖；

第 8 圖係本發明與習知技術之 InGaN 薄膜之 In 組成與發光波長之變化圖；以及

第 9 圖係本發明與習知技術之 InGaN 薄膜相對發光強度隨發光波長的變化圖。

【主要元件符號說明】

100：第一熱庫	400：進氣結構
150：反應區	500：反應器
200：第二熱庫	700：氣體通道
300：基板	800：保護板結構

七、申請專利範圍：

1. 一種反應器，用以在至少一基板上形成一薄膜，包含：

一第一熱庫；以及

一第二熱庫，該第一熱庫與該第二熱庫面對面相對設置，以形成一反應區，兩個熱庫相對的內側面具有一夾角，且該第一熱庫的溫度與該第二熱庫的溫度可獨立控制，其中該第一熱庫係用以放置該至少一基板，且該至少一基板位於該第一熱庫與該第二熱庫之間，並在該第一熱庫上的該至少一基板形成一薄膜。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫之間的夾角係可調整。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫之間的最小間距為數微米至 300 毫米。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫溫度控制係利用接觸式加熱方式或非接觸式加熱方式進行溫度控制。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之反應器，其中該接觸式加熱方式係利用熱阻絲電熱加熱。

6. 如申請專利範圍第 4 項所述之反應器，其中該非接觸式加熱方式包含電磁波感應加熱或電磁波輻射加熱。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之反應器，其中該電磁波感應加熱係高週波感應加熱。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之反應器，其中該電磁波輻射加熱係紫外光、可見光或遠紅外線燈管加熱。

9. 如申請專利範圍第 4 項所述之反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫溫度控制更包含利用冷卻方式進行溫度控制。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之反應器，其中該冷卻方式係利用液冷或氣冷方式。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該基板係選自於玻璃基板、氮化鎵基板、氧化鋁基板、碳化矽基板、砷化鎵基板、磷化銻基板以及矽基板所構成之群組。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該些薄膜係由週期表中的 IA、IIA、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB、VIII、IB、IIB、IIIA、IVA、VA、VIA、VIIA 及 VIIIA 族元素所組成的單一元素薄膜或二元以上的薄膜。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該些薄膜亦可摻雜 P 型、N 型或同價電性元素。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中至少一該基板可被驅動旋轉。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，更包含複數個第一熱庫與複數個第二熱庫。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之反應器，其中該些第一熱庫係各自獨立控制溫度，或是統一控制溫度。

17. 如申請專利範圍第 15 項所述之反應器，其中該些第二熱庫係各自獨立控制溫度或是統一控制溫度。

18. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，更包含一進氣結構，以將該些反應物輸入該反應器。

19. 如申請專利範圍第 18 項所述之反應器，其中該些反應物係經由該第一熱庫與第二熱庫之間的間距進入該反應區。

20. 如申請專利範圍第 18 項所述之反應器，其中該第

二熱庫更包含至少一氣體通道形成於其中，以使至少部份或全部的該些反應物經由該至少一氣體通道進入該反應區。

21. 如申請專利範圍第 20 項所述之反應器，其中該至少一氣體通道係複數個氣體通道，以使該至少部份的該些反應物彼此分開地進入反應器。

22. 如申請專利範圍第 18 項所述之反應器，其中該第一熱庫更包含至少一氣體通道形成於其中，以使至少部份或全部的該些反應物經由該至少一氣體通道進入該反應區。

23. 如申請專利範圍第 22 項所述之反應器，其中該至少一氣體通道係複數個氣體通道，以使該至少部份的該些反應物彼此分開地進入反應器。

24. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，更包含保護板結構放置於該第一熱庫與該第二熱庫，以避免該些反應物與該第一熱庫以及該第二熱庫接觸。

25. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該第二熱庫的溫度高於該第一熱庫的溫度。

26. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該反應器係一化學氣相沈積反應器。

27. 如申請專利範圍第 1 項所述之反應器，其中該反應器係一有機金屬化學氣相沈積反應器。

28. 一種有機金屬化學氣相沈積反應器，用以在至少一基板上形成一薄膜，包含：

一第一熱庫；以及

一第二熱庫，該第一熱庫與該第二熱庫面對面相對設置，以形成一反應區，兩個熱庫相對的內側面具有一夾角，且該第一熱庫的溫度與該第二熱庫的溫度可獨立控制，其中該第一熱庫係用以放置該至少一基板，且該至少一基板位於該第一熱庫與該第二熱庫之間，並在該第一熱庫上的該至少一基板形成一薄膜。

29. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫之間的夾角係可調整。

30. 如申請專利範圍第 29 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫之間的最小間距為數微米至 300 毫米。

31. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫溫度控制係利用接觸式加熱方式或非接觸式加熱方式進行溫度控制。

32. 如申請專利範圍第 31 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該接觸式加熱方式係利用熱阻絲電熱加熱。

33. 如申請專利範圍第 31 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該非接觸式加熱方式包含電磁波感應加熱或電磁波輻射加熱。

34. 如申請專利範圍第 33 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該電磁波感應加熱係高週波感應加熱。

35. 如申請專利範圍第 33 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該電磁波輻射加熱係紫外光、可見光或遠紅外線燈管加熱。

36. 如申請專利範圍第 31 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第一熱庫與該第二熱庫溫度控制更包含利用冷卻方式進行溫度控制。

37. 如申請專利範圍第 36 項所述之有機金屬化學氣相

沈積反應器，其中該冷卻方式係利用液冷或氣冷方式。

38. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該基板係選自於玻璃基板、氮化鎵基板、氧化鋁基板、碳化矽基板、砷化鎵基板、磷化銦基板以及矽基板所構成之群組。

39. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該些薄膜係由週期表中的 IA、IIA、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB、VIII、IB、IIB、IIIA、IVA、VA、VIA、VIIA 及 VIIIA 族元素所組成的單一元素薄膜或二元以上的薄膜。

40. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該些薄膜亦可摻雜 P 型、N 型或同價電性元素。

41. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中至少一該基板可被驅動旋轉。

42. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，更包含複數個第一熱庫與複數個第二熱庫。

43. 如申請專利範圍第 42 項所述之有機金屬化學氣相

沈積反應器，其中該些第一熱庫係各自獨立控制溫度，或是統一控制溫度。

44. 如申請專利範圍第 42 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該些第二熱庫係各自獨立控制溫度或是統一控制溫度。

45. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，更包含一進氣結構，以將該些反應物輸入該有機金屬化學氣相沈積反應器。

46. 如申請專利範圍第 45 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該些反應物係經由該第一熱庫與第二熱庫之間的間距進入該反應區。

47. 如申請專利範圍第 45 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第二熱庫更包含至少一氣體通道形成於其中，以使至少部份或全部的該些反應物經由該至少一氣體通道進入該反應區。

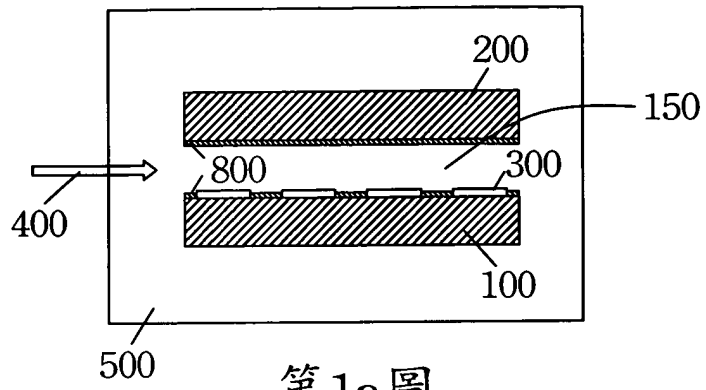
48. 如申請專利範圍第 47 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該至少一氣體通道係複數個氣體通道，以使該至少部份的該些反應物彼此分開地進入有機金屬化學氣相沈積反應器。

49. 如申請專利範圍第 45 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第一熱庫更包含至少一氣體通道形成於其中，以使至少部份或全部的該些反應物經由該至少一氣體通道進入該反應區。

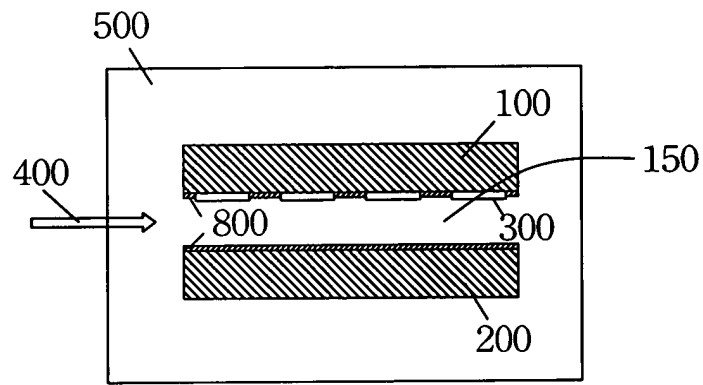
50. 如申請專利範圍第 49 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該至少一氣體通道係複數個氣體通道，以使該至少部份的該些反應物彼此分開地進入有機金屬化學氣相沈積反應器。

51. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，更包含一保護板結構放置於該第一熱庫與該第二熱庫，以避免該些反應物與該第一熱庫與該第二熱庫接觸。

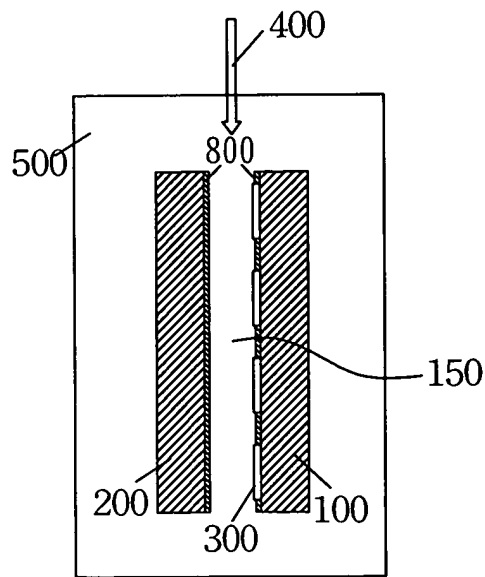
52. 如申請專利範圍第 28 項所述之有機金屬化學氣相沈積反應器，其中該第二熱庫的溫度高於該第一熱庫的溫度。



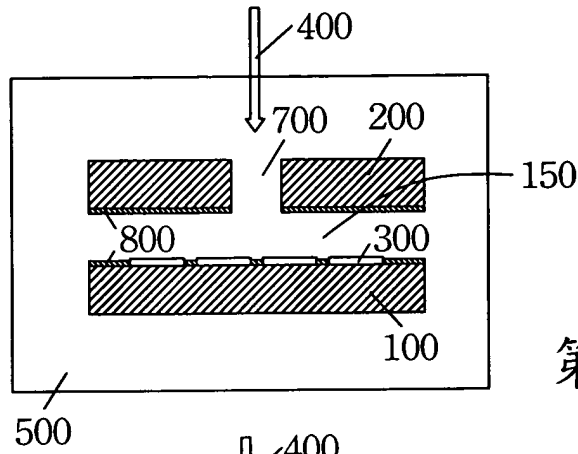
第1a圖



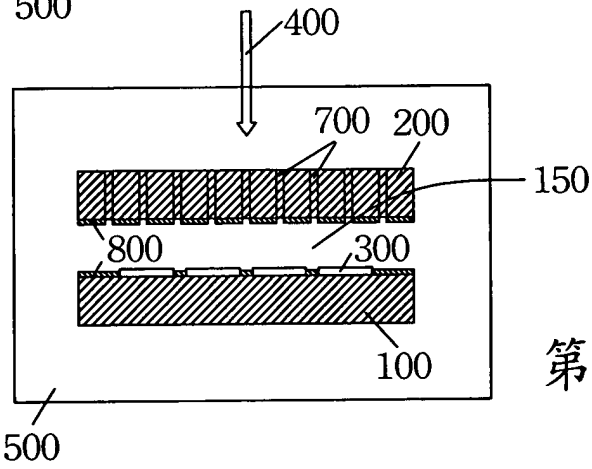
第1b圖



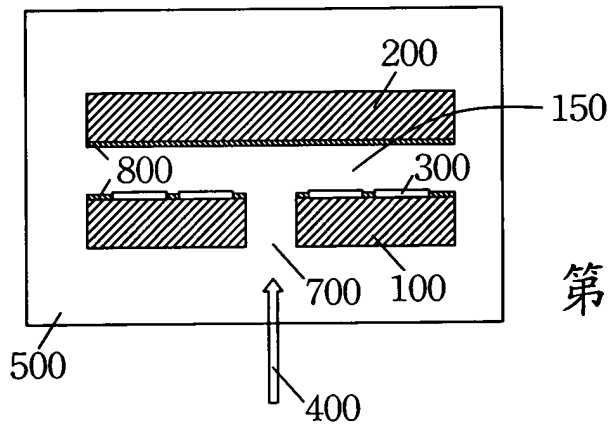
第1c圖



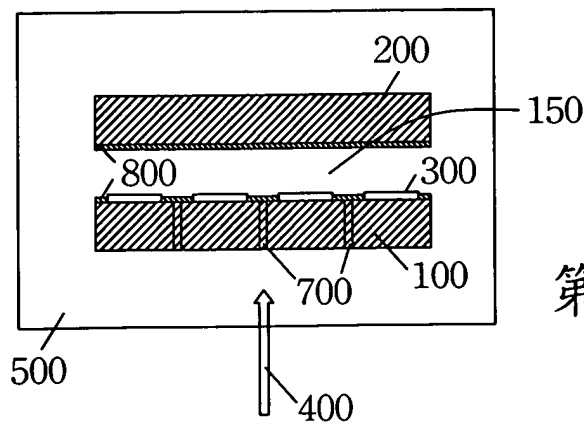
第2a圖



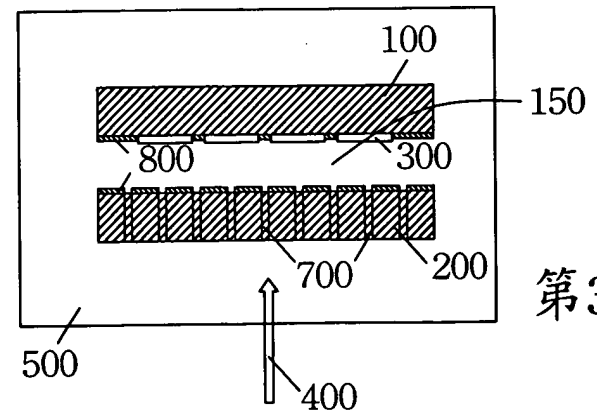
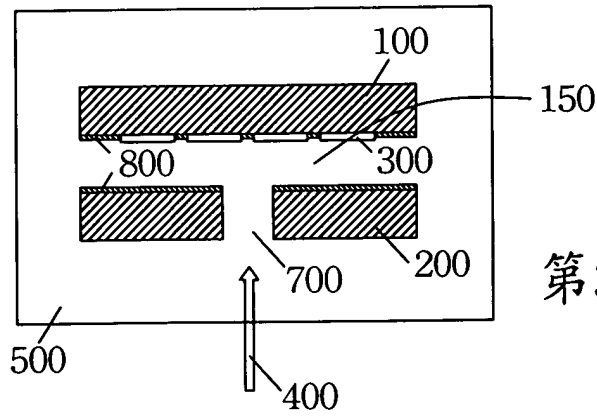
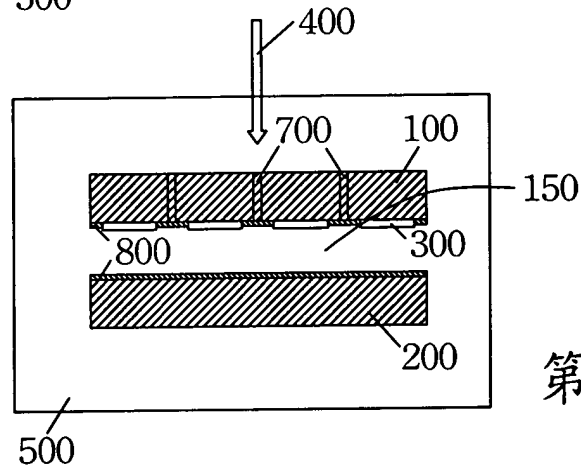
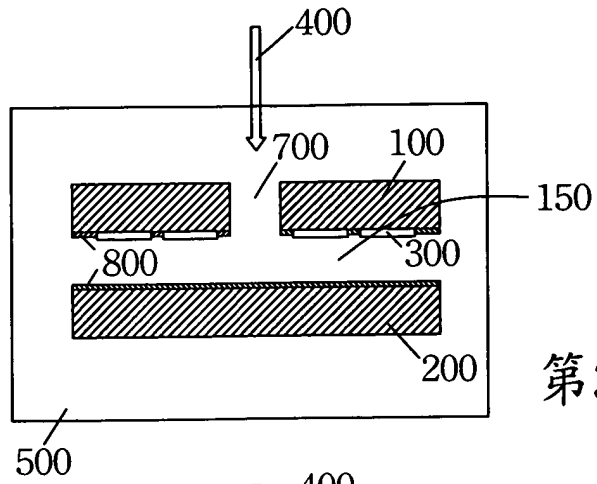
第2b圖

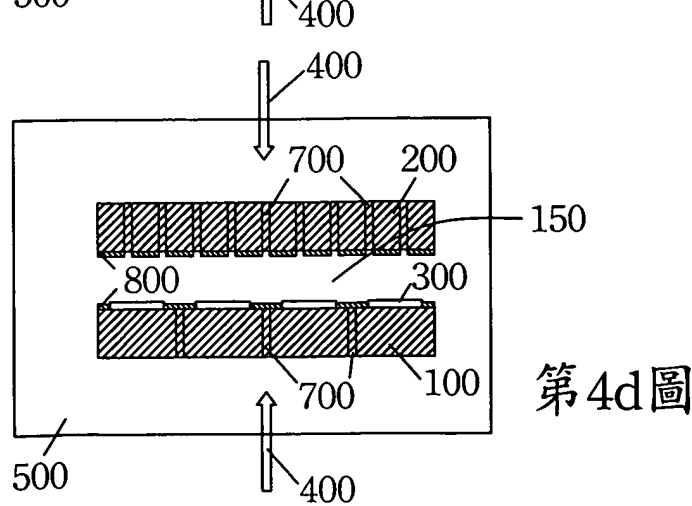
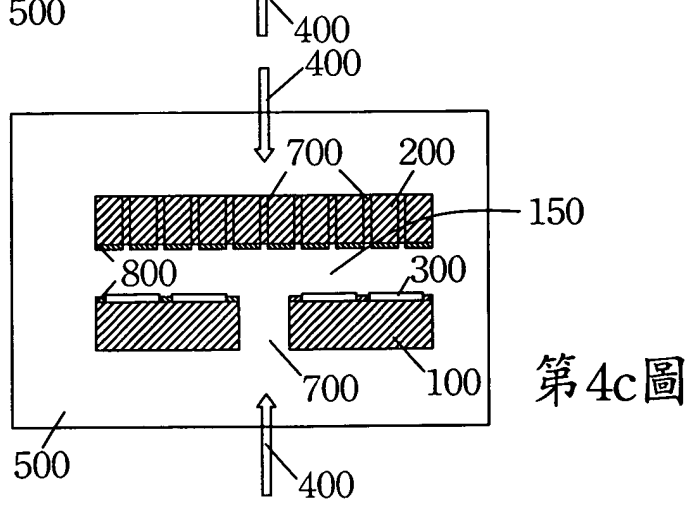
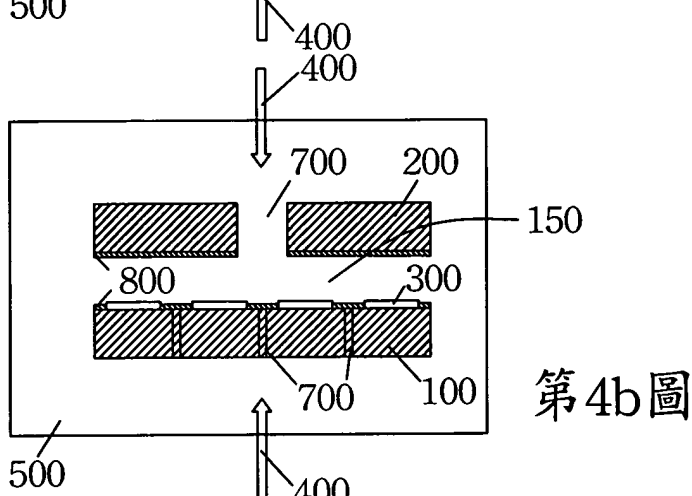
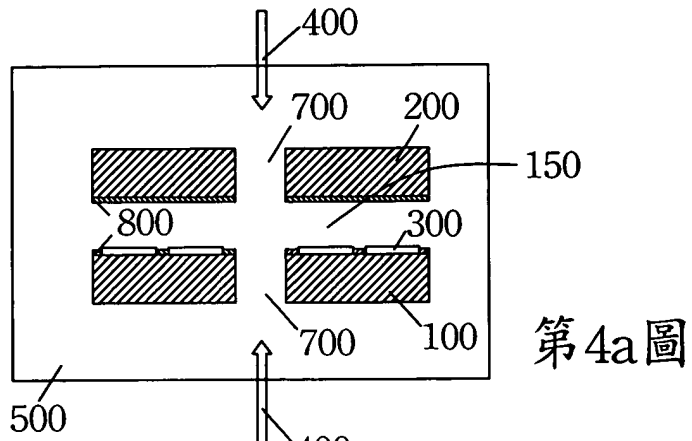


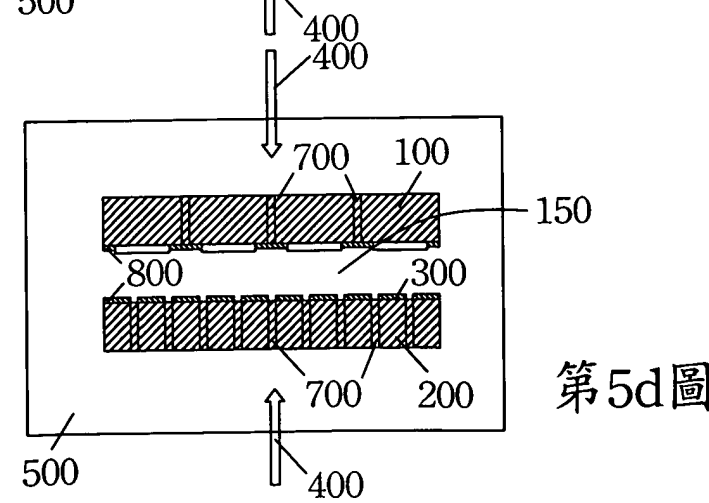
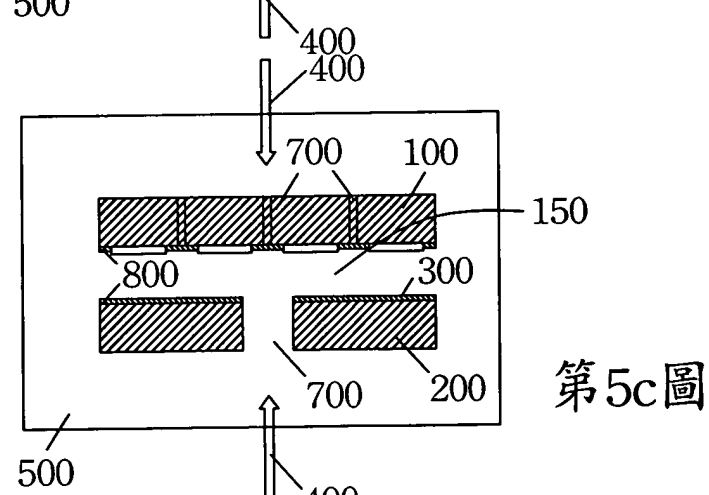
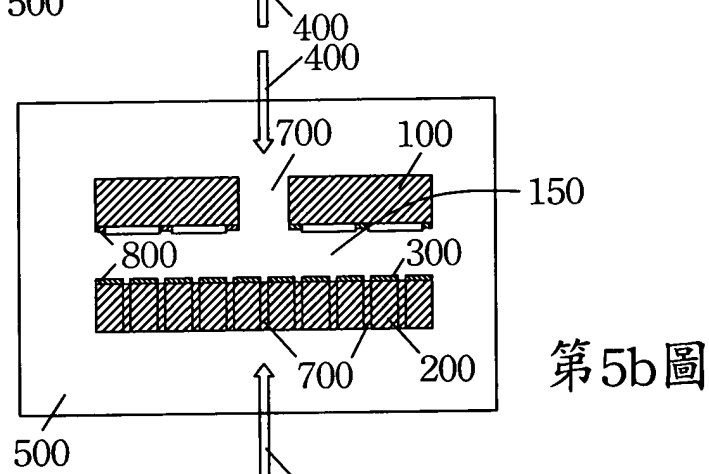
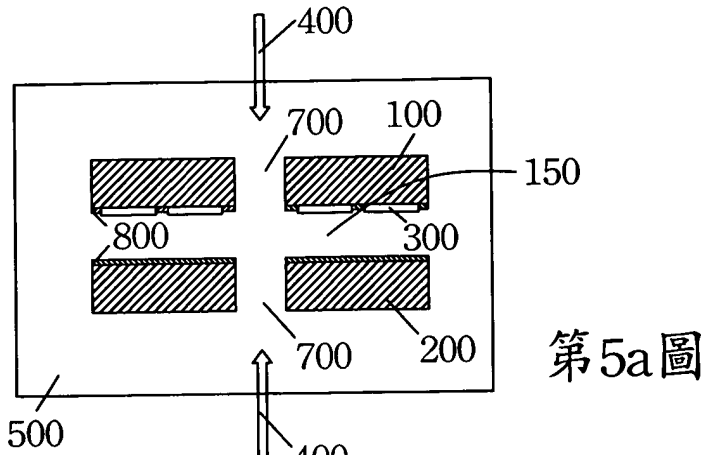
第2c圖

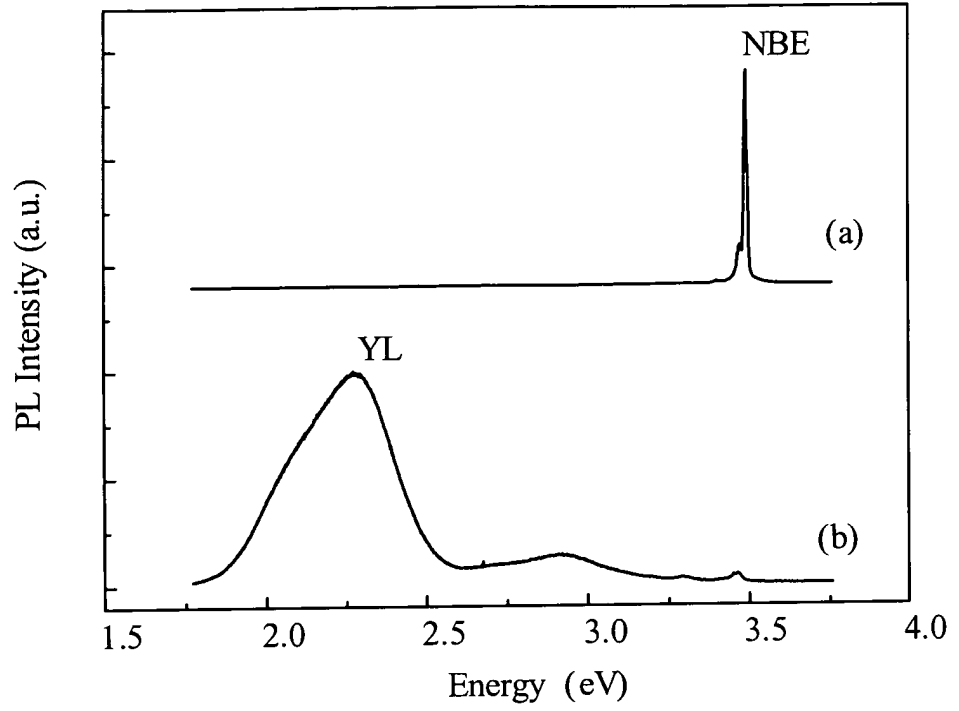


第2d圖

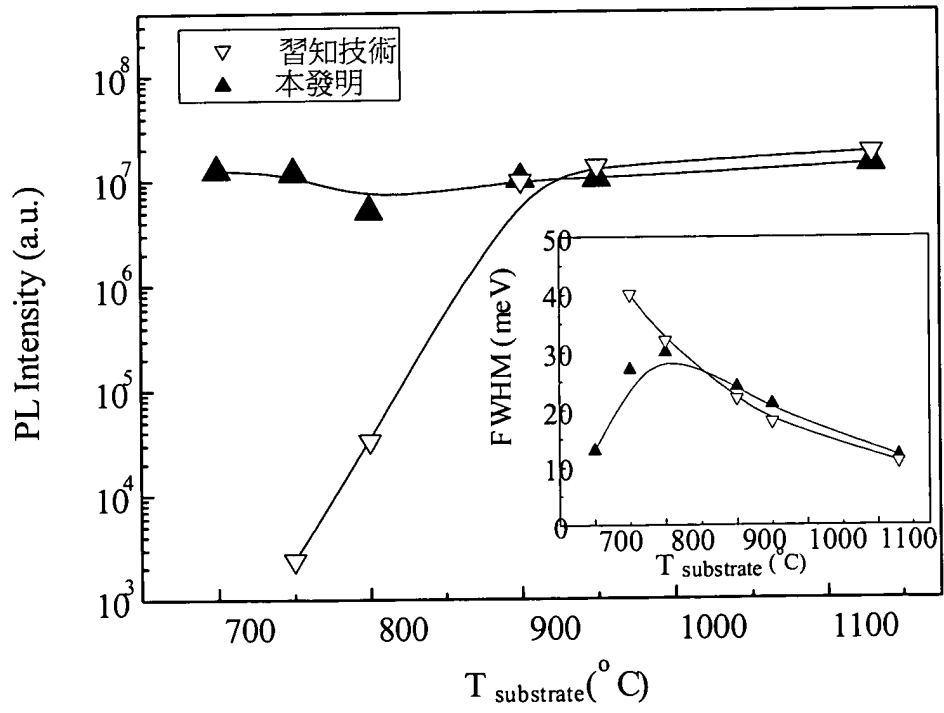




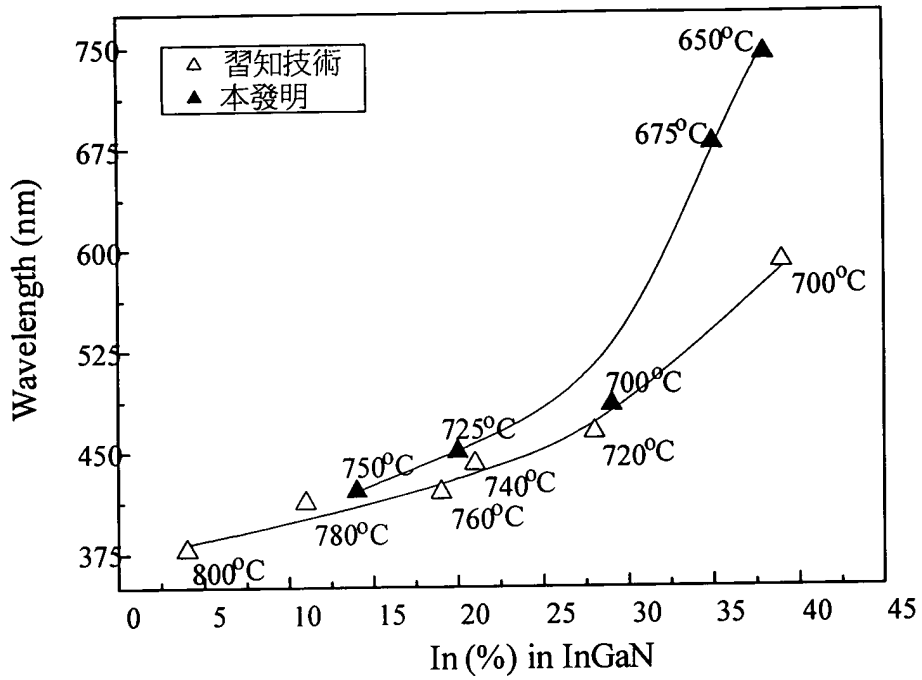




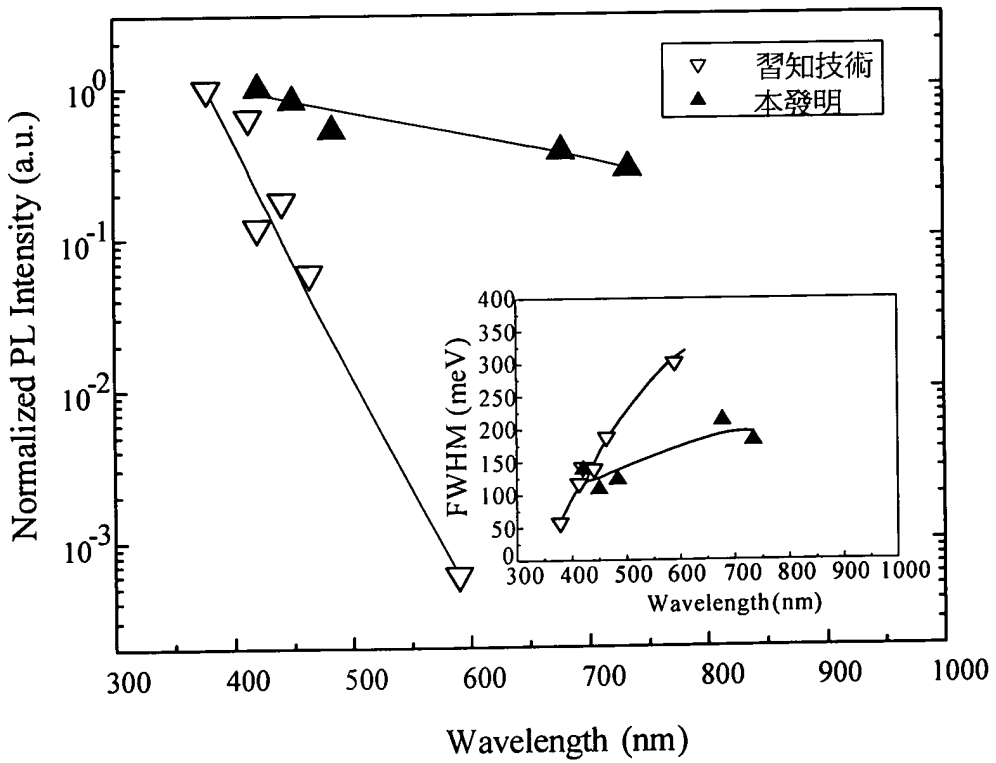
第6圖



第7圖



第8圖



第9圖