

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：96113129

※申請日期：2007年4月13日

※IPC分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 21/20, 21/205
(2006.01)

複合氮化物半導體結構的磊晶成長

EPITAXIAL GROWTH OF COMPOUND NITRIDE SEMICONDUCTOR
STRUCTURES

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·應用材料股份有限公司

APPLIED MATERIALS, INC.

代表人：(中文/英文)

鄺錦安

KWONG, RAYMOND K.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道 3050 號

3050 Bowers Avenue, Santa Clara, CA 95054, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國/USA

三、發明人：(共6人)

姓名：(中文/英文)

1. 奈哈萬山迪普/NIJHAWAN, SANDEEP

2. 布爾大衛/BOUR, DAVID

3. 華盛頓羅瑞/WASHINGTON, LORI

4. 史密斯雅各/SMITH, JACOB

5. 史蒂文斯羅納德/STEVENS, RONALD

6.英格利珊大衛 J/EAGLESHAM, DAVID J.

國 籍：(中文/英文)

1.美國/USA

2.美國/USA

3.美國/USA

4.美國/USA

5.美國/USA

6.美國/USA

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：

美國；2006 年 4 月 14 日；11/404,516

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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：

在此提出製造複合氮化物半導體結構的設備及方法。III族前驅物和氮前驅物流入第一處理室，以利用熱化學氣相沉積製程沉積第一層於基材上。基材從第一處理室傳送到第二處理室。III族前驅物和氮前驅物流入第二處理室，以利用熱化學氣相沉積製程沉積第二層於第一層上。第一與第二III族前驅物具有不同的III族元素。

六、英文發明摘要：

Apparatus and methods are described for fabricating a compound nitride semiconductor structure. Group-III and nitrogen precursors are flowed into a first processing chamber to deposit a first layer over a substrate with a thermal chemical vapor deposition process. The substrate is transferred from the first processing chamber to a second processing chamber. Group-III and nitrogen precursors are flowed into the second processing chamber to deposit a second layer over the first layer with a thermal chemical vapor deposition process. The first and second group-III precursors have different group-III elements.

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

300 群集工具

304-1、304-2、304-3 處理室

308 處理站

312 機械裝置

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】

本發明係有關於複合氮化物半導體結構的磊晶成長。

【先前技術】

發光二極體(LED)的沿革有時描繪成“爬升光譜(crawl up the spectrum)”。此乃因首度商業化的LED產生光譜中紅外線部分的光線，接著發展出使用磷化砷鎵(GaAsP)於砷化鎵(GaAs)基材上的紅光LED。其次為效率較高的磷化鎵(GaP)LED，其可同時製造較亮之紅光LED和橘光LED。改進GaP LED後則發展出綠光LED，其採用雙GaP晶片(一為紅光，另一為綠光)來產生黃光。利用磷化砷鋁鎵(GaAlAsP)材料和磷化鋁鎵銦(InGaAlP)材料可進一步增進此光譜部分的效率。

因發射光波長較短的LED可提供寬的光譜範圍，又因製造發射光波長較短的二極體可增加諸如光盤唯讀記憶體(CD-ROM)等光學裝置的資訊儲存量，故其發展一般傾向製造可提供較短波長光線的LED。藉著開發氮化物為基礎(nitride-based)之LED，尤其是使用氮化鎵(GaN)，可大量製造光譜中藍光、紫光、和紫外光部分的LED。儘管先前已使用碳化矽(SiC)材料成功製造出藍光LED，然此類裝置的電子結構具有間接能隙，因而發光性不佳。

雖然數十年已知使用GaN可發出光譜中的藍光，但實際製造上仍有許多障礙。障礙包括缺少合適的基材來生成

GaN 結構於其上、GaN 生長通常需要高熱條件，導致各種熱傳問題產生、及難以有效 p 型摻雜此類材料。由於藍寶石約有 15% 的晶格與 GaN 不相配，因此採用藍寶石做為基材並不完全符合要求。許多研發依然相繼致力克服這些障礙。例如，採用金屬有機氣相法形成的氮化鋁 (AlN) 或 GaN 緩衝層已發現可有效解決晶格不相配的問題。進一步改進 GaN 基礎結構的方法包括使用 AlGaIn 材料形成具有 GaN 的異質接面，且特別是使用氮化鎵銦 (InGaIn) 材料，如此可產生當作量子井的缺陷，藉以有效發射短波長之光線。富含銦的區域具有比周圍材料小的能隙，且可分布於整個材料而可提供高效率的發射中心。

儘管複合氮化物半導體裝置的製作已有若干改善，然目前製程仍有許多不足。再者，因產生短波長光線之裝置的利用率高，故亦熱切需要製造此類裝置。有鑑於此，此技藝普遍需要製造複合氮化物半導體裝置的改善方法及系統。

【發明內容】

本發明之實施例提出製造複合氮化物半導體結構的設備及方法。第一 III 族前驅物和第一氮前驅物流入第一處理室。第一 III 族前驅物包含第一 III 族元素。第一層藉由在第一處理室中利用第一 III 族前驅物與第一氮前驅物的熱化學氣相沉積製程沉積在基材上，如此第一層包含氮和第一 III 族元素。沉積第一層後，基材從第一處理室傳送

到不同於第一處理室的第二處理室。第二 III 族前驅物和第二氮前驅物流入第二處理室。第二 III 族前驅物包含第一 III 族前驅物不含的第二 III 族元素。第二層藉由在第二處理室中利用第二 III 族前驅物與第二氮前驅物的熱化學氣相沉積製程沉積在第一層上。

可在不同的條件下將基材從第一處理室傳送到第二處理室。例如在一實施例中，是在含有 90% 以上氮氣 (N_2) 的氛圍下進行傳送；在另一實施例中，是在含有 90% 以上氨氣 (NH_3) 的氛圍下進行傳送；在又一實施例中，是在含有 90% 以上氫氣 (H_2) 的氛圍下進行傳送。基材亦可在溫度大於 $200^\circ C$ 的氛圍下進行傳送。

前驅物的流入可伴隨引進載氣，例如包括氮氣 (N_2) 和氫氣 (H_2)。在一實施例中，第三 III 族前驅物流入具有第二 III 族前驅物和第二氮前驅物的第二處理室。第三 III 族前驅物包含第一 III 族元素。III 族元素的使用例子包括第一 III 族元素採用鎵且第二 III 族元素採用鋁，如此形成之第一層包含 GaN 層，第二層包含 AlGaIn 層。在另一特定實施例中，第一 III 族元素為鎵且第二 III 族元素為銦，如此形成之第一層包含 GaN 層，第二層包含 InGaIn 層。在又一特定實施例中，第一 III 族元素為鎵且第二 III 族元素包括鋁與銦，如此形成之第一層包含 GaN 層，第二層包含 AlInGaIn 層。

在沉積第二層前，過渡層有時可於第二處理室內沉積至第一層上。過渡層的化學組成實質上同於第一層，且厚

度小於 100000 埃。第一處理室有助於包含氮與 III 族元素的材料快速成長。第二處理室有助於增進含有氮與 III 族元素之沉積材料的均勻度。

本發明的方法可施行於群集工具，其具有定義第一處理室的第一殼蓋、和定義第二處理室的第二殼蓋。第一處理室包括第一基材支架，第二處理室包括第二基材支架。機械傳輸系統用來在控制環境下傳送基材於第一與第二基材支架之間。氣體輸送系統用來引進氣體至第一與第二處理室。壓力控制系統維持第一與第二處理室內的選定壓力，溫度控制系統維持第一與第二處理室內的選定溫度。控制器控制機械傳輸系統、氣體輸送系統、壓力控制系統、和溫度控制系統。記憶體耦接控制器，並包含具電腦可讀取程式的電腦可讀取媒體。電腦可讀取程式包括操作群集工具的指令，以製造複合氮化物半導體結構。

【實施方式】

1. 綜述

傳統製造複合氮化物半導體結構的方法是在單一製程、反應器中進行多道磊晶沉積步驟，且基材在完成所有步驟前不會離開反應器。第 1 圖顯示可形成之結構及製造此結構所需的步驟順序。在此例子中，結構為氮化鎵為基礎 (GaN-based) 的 LED 結構 100。其製作於藍寶石 (0001) 基材 104 上，並經晶圓清洗程序 108 處理。適當的清洗時間在 1050℃ 時為 10 分鐘，其另費時 10 分鐘進行加熱及降溫。

GaN 緩衝層 112 利用金屬有機化學氣相沉積 (MOCVD) 製程沉積在已清洗的基材 104 上。達成方法包括流入 Ga 前驅物與 N 前驅物至反應器中、及利用熱製程進行沉積。圖中緩衝層 112 的厚度一般為約 300 埃 (Å)，其可在約 550°C 下沉積 5 分鐘而得。接著沉積的 n-GaN 層 116 通常是在更高溫度下得到，例如在圖中的 1050°C 下進行沉積。n-GaN 層 116 非常厚，其約沉積 140 分鐘達到 4 微米 (μm) 的厚度。然後沉積氮化鎵銦 (InGaN) 多重量子井 (MQW) 層 120，其可在 750°C 下沉積約 40 分鐘達到約 750 埃的厚度。p-氮化鎵鋁 (p-AlGaN) 層 124 沉積在多重量子井層 120 上，其可在 950°C 下沉積約 5 分鐘達到約 200 埃的厚度。沉積 p-GaN 接觸層 128 後可完成結構，其是在約 1050°C 下沉積約 25 分鐘而得。

包含多道磊晶沉積步驟的傳統製造方法乃於單一反應器中進行，因此需要很長的處理時間，通常需要 4-6 小時。如此長的處理時間造成反應器產能低落，此亦為批次製程技術常面臨的問題。例如，用於量產的商業化反應器可同時操作處理 20-50 片兩吋晶圓，以致產率相當低。

為增進複合氮化物半導體結構製造技術的產率和產能，發明人致力於傳統製程的全面性研究，以確認可能改善之處。儘管許多可能性已確認出，執行上仍有一些困難。許多情況下，改進製程的一部分實際上將不當影響製程的其他部分。徹底認清這些難處本質後，發明人更加了解到單一反應器方式會阻礙各製程步驟使用之反應器硬體的最

佳化。此限制侷限了形成不同化合物結構的製程操作範圍 (process window)，諸如溫度、壓力、前驅物的相對流速等參數。例如，GaN 的最佳沉積條件不一定是 InGa_xN_{1-x} 或 AlGa_xN_{1-x} 的最佳沉積條件。

發明人判定採用多個處理室(如同多室群集工具的一部分)可擴大不同化合物結構的製程操作範圍。達成方法包括在不同處理室中，磊晶生成具有增強特定程序之結構的不同化合物。其實際執行的另一困難點在於，在群集工具的各處理室間進行傳輸將中斷生成過程，以致介面產生缺陷。

發明人至少提出二種減緩此作用的方法。首先，基材可在已控制的周遭環境下傳輸於各處理室間。例如在一些實施例中，已控制的周遭環境具有高純度的氮氣(N₂)氛圍。在此，“高純度”的 X 氛圍具有 90% 以上的 X，且在不同的實施例中，可具有 95% 以上、98% 以上、或 99% 以上的 X。在其他例子中，周遭環境可具有高純度的氫氣(H₂)或氨氣(NH₃)氛圍，其另有利於吸收可能形成於結構中的氧雜質。在又些其他例子中，周遭環境可升溫至大於 200°C，其亦有助於吸收或避免表面氧化。

其次，藉著在傳輸至新的處理室後沉積薄過渡層，可減少介面缺陷產生。過渡層的化學結構一般與前一處理室沉積的膜層結構相同或類似。過渡層的厚度通常小於 10000 埃，且在不同的實施例中，可小於 7500 埃、小於 5000 埃、小於 4000 埃、小於 3000 埃、小於 2500 埃、小於 2000

埃、小於 1500 埃、或小於 1000 埃。過渡層的特定實施例將配合以下實施例說明於後。一般而言，過渡層最好具有足夠的厚度，使得化學污染物或結構缺陷實質上可自主動區域和 pn 接面移除。

2. 群集工具

第 2A 圖為示範化學氣相沉積 (CVD) 系統 210 的簡示圖，其繪示各處理室的基本結構，用以個別進行沉積步驟。系統適用於次大氣壓 CVD (SACVD) 熱製程及其他製程，例如回流、驅入、清洗、蝕刻、沉積、和吸收製程。從下述實施例可知，在一些例子中，將基材移到另一處理室前，仍可在一處理室內進行多道製程。系統的主要組件包括接收氣體輸送系統 220 供應之製程氣體與其他氣體的真空室 215、真空系統 225、遠端電漿系統 230、和系統控制器 235。這些組件與其他組件將進一步詳述於下。雖然為便於說明，圖示僅顯示單一處理室結構，但可理解的是，多個具類似結構的處理室亦可當作群集工具的一部分，其分別用來進行整體製程的不同態樣。圖中用來支援處理室的其他組件可與多個處理室共用，然在一些例子中，各處理室各自具有支援組件。

CVD 系統 210 包括封閉構件 237，用以構成具氣體反應區 216 的真空室 215。氣體分配盤 221 透過穿孔分散反應氣體與其他氣體 (例如淨化氣體) 至放置在可垂直移動之加熱器 226 (亦稱為晶圓支撐基座) 上的晶圓 (未繪示)。氣體

反應區 216 位於氣體分配盤 221 與晶圓之間。加熱器 226 可控制移到較低位置(在此例如可裝載或卸載晶圓)、和鄰近氣體分配盤 221 的處理位置(以虛線 216 表示)、或供其他目的使用的位置(例如進行蝕刻或清洗製程)。中央板(未繪示)包括感測器，用以提供晶圓位置的資訊。

不同的實施例可採用不同的加熱器 226 結構。例如在一實施例中，加熱器 226 包括內封於陶瓷的電阻加熱元件(未繪示)。陶瓷保護加熱元件遭處理室環境腐蝕，並使加熱器達到約 1200°C 的高溫。在一示範實施例中，加熱器 226 露出真空室 215 的所有表面皆由陶瓷材料組成，例如氧化鋁(Al_2O_3 或礬土)、或氮化鋁。在另一實施例中，加熱器 226 包含照燈加熱器。或者，由諸如鎢、鎳、鉍、鈦、或其合金等耐火金屬構成的裸金屬絲加熱元件可用來加熱晶圓。照燈加熱器可排列達到 1200°C 以上的高溫而可做為特殊應用。

反應氣體和載氣經由供應管線 243 從氣體輸送系統 220 輸送到氣體混合箱(亦稱為氣體混合區塊)244，在此氣體相互混合且輸送到氣體分配盤 221。如熟諳此技藝者所能理解，氣體輸送系統 220 包括各種氣體源和合適的供應管線，以輸送預定的氣體至真空室 215。各氣體供應管線一般包括關閉閥，用以自動或手動停止氣體流入其相關管線、和流量控制器或其他測量流經供應管線之氣體或液體流量的控制器。視系統 210 執行的製程而定，部分來源實際上可為液體源，而非氣體源。使用液體源時，氣體輸送

系統包括液體注入系統或其他合適的機制(如噴水器)，用以蒸發液體。如熟諳此技藝者所能理解，液體蒸氣接著通常與載氣混合。

氣體混合箱 244 為連接製程氣體供應管線 243 與清洗/蝕刻氣體導管 247 的雙輸入混合區塊。閥 246 容許氣體導管 247 的氣體或電漿進入或封入氣體混合箱 244。氣體導管 247 接收來自整合式遠端微波電漿系統 230 的氣體，且電漿系統 230 具有用以接收輸入氣體的入口 257。沉積時，供應至分配盤 221 的氣體朝晶圓表面排放(如箭頭 223 所示)，在此氣體可以層流方式放射狀均勻分散於整個晶圓表面。

淨化氣體可經由封閉構件 237 底層從氣體分配盤 221 及/或進入口或進入管(未繪示)輸送到真空室 215。來自真空室 215 底部的淨化氣體從入口向上流過加熱器 226，並流至環形抽吸通道 240。包括真空幫浦(未繪示)的真空系統 225 透過排放管線 260 排放氣體(如箭頭 224 所示)。排放氣體和乘載粒子自環形抽吸通道 240 引至排放管線 260 的速率受控於節流閥系統 263。

遠端微波電漿系統 230 可產生電漿以供應用，例如清洗處理室、或蝕刻處理晶圓的殘留物。遠端電漿系統 230 利用入口 257 供應之前驅物產生的電漿物種經由導管 247 輸送，以透過氣體分配盤 221 分散到真空室 215。遠端微波電漿系統 230 整體設在真空室 215 下方，且導管 247 沿著處理室向上延伸至閘閥 246 和位於真空室 215 上方的氣

體混合箱 244。清洗用的前驅氣體可包括氟、氯、及/或其他反應元素。藉著在膜層沉積製程期間流入適當沉積前驅氣體至遠端微波電漿系統 230，還可利用遠端微波電漿系統 230 沉積 CVD 層。

沉積室 215 壁面與周圍結構(如排放通道)的溫度更可藉由在室壁的通道(未繪示)中循環熱交換液體而控制。熱交換液體可依需求來加熱或冷卻室壁。例如，熱液體有助於維持熱沉積過程的熱梯度；冷液體可於原位(in situ)電漿製程期間移除系統的熱量、或可限制沉積物形成於室壁上。氣體分配盤 221 亦具有熱交換通道(未繪示)。典型的熱交換流體包括以水為底液(water-based)的乙烯乙二醇混合物、以油為底液的熱傳流體、或類似流體。此加熱方式(指藉由“熱交換”加熱)可大幅減少或消除不當的反應產物凝結，並有助於減少製程氣體與其他污染物的揮發性產物，若其凝結在冷卻真空通道壁上且在未流入氣體時流回處理室，可能會污染製程。

系統控制器 235 控制沉積系統的行動與操作參數。系統控制器 235 包括電腦處理器 250、和耦接處理器 250 的電腦可讀取記憶體 255。處理器 250 執行系統控制軟體，例如儲存於記憶體 270 的電腦程式。記憶體 270 較佳為硬碟，但也可為其他類型的記憶體，例如唯讀記憶體或快閃記憶體。系統控制器 235 還包括軟碟驅動器、CD 或 DVD 驅動器(未繪示)。

處理器 250 根據系統控制軟體(程式 258)運作，其包

括命令特定製程之時間、混合氣體、處理室壓力、處理室溫度、微波功率大小、基座位置、和其他參數的電腦指令。這些參數和其他參數是透過控制線路 265 控制，第 2A 圖僅顯示部分控制線路 265，其並聯繫系統控制器 235 與加熱器、節流閥、遠端電漿系統、各種閥門、和氣體輸送系統 220 相關的流量控制器。

處理器 250 具有卡架(未繪示)，其包含單板電腦、類比與數位輸入/輸出板、介面板、和步進馬達控制板。許多 CVD 系統 210 零件皆符合規範板、卡籠、和連接器尺寸與種類的 Versa Modular European(VME)標準。VME 標準尚訂定具 16 位元資料匯流排與 24 位元位址匯流排的匯流排結構。

第 2B 圖為用來監控 CVD 系統 210 運作之使用者界面的簡示圖。第 2B 圖清楚繪出群集工具的多室性質，且 CVD 系統 210 為多室系統中的其中一個處理室。在此多室系統中，晶圓可由電腦控制之機械裝置從一處理室傳送到另一處理室，以另行處理。在一些狀況下，晶圓是在真空狀態或預定氣體氛圍下傳輸。使用者與系統控制器 235 間的介面為 CRT 螢幕 273a 和光筆 273b。主機單元 275 提供 CVD 系統 210 電氣、量測、和其他支援功能。適合所述 CVD 系統實施例的多室系統主機單元例如為目前可從美國加州聖克拉拉市之應用材料公司(APPLIED MATERIALS, INC.)取得的 Precision 5000TM 和 Centura 5200TM 系統。

在一實施例中為採用兩個螢幕 273a，其一放置於無塵

室壁面 271 供操作員使用，另一放置於壁面 272 後方供維修技師使用。二螢幕 273a 同時顯示相同的資訊，但只有一個光筆 273b 有用。光筆 273b 利用筆尖的感光器偵測 CRT 顯示器發射的光線。為選擇特定畫面或功能，操作員觸碰顯示畫面的指定區域，並按壓光筆 273b 上的按鈕。觸碰區域改變其強光顏色、或顯示新的選單或畫面，以確定光筆與顯示畫面的溝通無礙。如一般技藝人士所能理解，其它諸如鍵盤、滑鼠、或其他點觸或通信裝置等輸入裝置亦可附加使用或代替光筆 273b，以聯繫使用者與處理器。

第 2C 圖為用於第 2A 圖中示範 CVD 設備之系統控制軟體(電腦程式 258)之階層(hierarchical)控制結構實施例的方塊圖。諸如沉積膜層、乾式清洗處理室、回流、或驅入等製程可在處理器 250 執行之電腦程式 258 的控制下進行。電腦程式碼可以任一傳統電腦可讀取程式語言編寫，例如 68000 組合語言、C、C++、Pascal、Fortran、或其他語言。適當的程式碼乃利用傳統文字編輯器輸入單一檔案或多個檔案，並儲存或收錄在電腦可用之媒體中，如系統記憶體。

若輸入碼文字為高階語言，則進行編碼，產生的編譯程序碼接著連接預先編譯之 WindowsTM 書庫例行程序的電腦語言。為執行連接之編譯程序碼，系統使用者訴諸電腦語言，使電腦系統載入記憶體中的編碼，自此 CPU 讀取並執行編碼，以裝配設備進行程式識別的任務。

使用者利用光筆點選 CRT 螢幕上的選單或畫面而輸

入製程設定值與處理室編號至處理選擇器子程式 280。製程設定值為進行特定製程所需的製程參數預設值，其乃由預設編號確認。處理選擇器子程式 280 確認 (i) 預定處理室、和 (ii) 操作處理室來進行預定製程所需的預設製程參數。進行特定製程所需的製程參數與製程條件有關，例如製程氣體組成與流速、基座溫度、室壁溫度、壓力、和電漿條件(如磁電管功率大小)。處理選擇器子程式 280 控制處理室在特定時間將進行的製程類型(例如沉積、清洗晶圓、清洗處理室、吸收處理室、回流)。在一些實施例中，可能不只一個處理選擇器子程式。製程參數列成製法(recipe)提供給使用者，且透過光筆/CRT 螢幕介面輸入。

處理定序器子程式 282 具有程式碼，用以接收處理選擇器子程式 280 確認的處理室與製程參數、及控制各處理室的運作。多位使用者可輸入製程設定值與處理室編號，或者單一使用者可輸入多個製程設定值與處理室編號，處理定序器子程式 282 則以預定順序安排製程進行。較佳地，處理定序器子程式 282 包括程式碼，用以 (i) 監控處理室的運作，以判斷處理室是否使用、(ii) 判斷使用中的處理室進行何種製程、和 (iii) 依據處理室的可利用性與欲進行的製程類型來執行預定製程。

可採用傳統監控處理室的方法，例如投票法(polling method)。當安排待執行之製程時，處理定序器子程式 282 可考量使用中的處理室現況，並比較選定製程的預定製程條件、或各使用者輸入需求的時間長短、或系統程式設計

師決定先後順序相關的其他因素。

當處理定序器子程式 282 決定了接續執行的處理室與製程設定後，處理定序器子程式 282 將特定製程設定參數傳送到處理室管理子程式 285 而開始執行製程設定，處理室管理子程式 285 根據處理定序器子程式 282 決定的製程設定控制一特定處理室中的多個處理任務。例如，處理室管理子程式 285 具有程式碼，用以控制處理室 215 內的 CVD 製程與清洗製程。處理室管理子程式 285 亦控制各處理室組件子程式的執行，其控制進行選定製程設定所需的處理室組件運作。處理室組件子程式的例子包括基材定位子程式 290、製程氣體控制子程式 291、壓力控制子程式 292、加熱器控制子程式 293、和遠端電漿控制子程式 294。視 CVD 室的特殊結構配置而定，一些實施例包括所有上述子程式，而其他實施例可包括部分上述子程式或其他未提及的子程式。一般技藝人士當可理解，其他處理室控制子程式亦可依處理室待進行之製程需求使用。在多室系統中，附加的處理室管理子程式 286、287 控制其他處理室的運作。

操作時，處理室管理子程式 285 根據執行之特定製程設定而選擇性安排或呼叫處理室組件子程式。處理室管理子程式 285 安排處理室組件子程式，如同處理定序器子程式 282 安排接續執行之處理室與製程設定。處理室管理子程式 285 一般包括監控各處理室組件、依據待執行之製程設定的製程參數來決定需要操作的組件、和開始執行處理

室組件子程式，以回應上述監控與決定步驟。

特定處理室組件子程式的運作將參照第 2A 及 2C 圖說明於下。基材定位子程式 290 包含程式碼，用以控制處理室組件，其將基材放置到加熱器 226 上，且視情況抬高處理室內的基材達預定高度而控制基材與氣體分配盤 221 的間距。當基材放入處理室 215 時，降低加熱器 226 以接收基材，接著加熱器 226 升高到預定高度。操作時，基材定位子程式 290 控制加熱器 226 的移動，以回應處理室管理子程式 285 傳輸之支撐高度相關的製程設定參數。

製程氣體控制子程式 291 具有程式碼，用以控制製程氣體組成和流速。製程氣體控制子程式 291 控制安全閥的狀態，並加速或減緩流量控制器以得預定的氣體流速。製程氣體控制子程式 291 的操作一般包括打開氣體供應管線及重複地 (i) 讀取所需的流量控制器、(ii) 比較讀取值與處理室管理子程式 285 提供的預定流速、和 (iii) 依需求調整氣體供應管線的流速。另外，製程氣體控制子程式 291 包括監控不安全的氣體流速，且當偵測到危險狀況時啟動安全閥。其他實施例可具有一個以上的製程氣體控制子程式，每一子程式控制一特殊類型的製程或特別設定的氣體管線。

在一些製程中，於引用反應製程氣體前，先流入鈍氣（如氮氣或氬氣）至處理室中以穩定處理室內的壓力。對這些製程而言，製程氣體控制子程式 291 乃程式化來流入鈍氣至處理室一段時間以穩定處理室壓力、接著進行上述步

驟。此外，若製程氣體是由液態前驅物蒸發而得，則寫入製程氣體控制子程式 291，而於噴水器中汨流(bubble)輸送氣體(如氬氣)穿過液態前驅物、或者控制液體注射系統，以噴灑或噴射液體至載氣流(如氬氣)中。當噴水器用於此類製程時，製程氣體控制子程式 291 調節輸送氣體的流量、噴水器的壓力、和噴水器溫度，藉以達到預定的製程氣體流速。如上述，預定的製程氣體流速可傳遞給製程氣體控制子程式 291 當作製程參數。

再者，製程氣體控制子程式 291 包括藉由存取含有特定製程氣體流速之必要值的儲存表而獲得達成預定製程氣體流速所需的輸送氣體流量、噴水器壓力、和噴水器溫度。一旦得到必要值，監控輸送氣體流量、噴水器壓力、和噴水器溫度，並比較必要值且依此進行調整。

壓力控制子程式 292 包括程式碼，用以調節處理室中排放系統之節流閥的開孔大小而控制處理室壓力。節流閥的開孔大小為設定控制處理室壓力達預定值，其與製程氣體總量、處理室尺寸、和排放系統之收吸設定點壓力有關。若採用壓力控制子程式 292，則預定壓力值亦將接收做為處理室管理子程式 285 的參數。壓力控制子程式 292 藉由讀取一或多個連接處理室的傳統壓力計而測量處理室壓力、比較測量值與預定值、獲得對應儲存壓力表之預定壓力的比例、積分與微分(PID)值、和根據 PID 值調整節流閥。或者，可寫入壓力控制子程式 292，以打開或關閉節流閥至特定開孔大小(即固定位置)，進而調節處理室內的

壓力。利用此法控制排放量並無涉及壓力控制子程式 292 的回饋控制特徵。

加熱器控制子程式 293 包括程式碼，用以控制加熱基材用之加熱單元的電流。處理室管理子程式 285 亦包括加熱器控制子程式 293，並接收目標或設定溫度參數。加熱器控制子程式 293 測量溫度的方式就不同實施例而言可各不相同。例如，校正溫度的判定可包括測量加熱器中的熱耦器輸出電壓、比較測量溫度與設定溫度、和增加或減少施予加熱單元的電流，以達設定溫度。藉由查詢儲存之轉換表中的對應溫度、或使用四階多項式計算溫度，可從測量之電壓得到溫度值。在另一實施例中，可以高溫計代替熱耦器進行類似的製程來決定校正溫度。加熱器控制子程式 293 包括使加熱器溫度逐漸升高或降低的能力。當加熱器包含內封於陶瓷的電阻加熱元件時，此特徵有助於減少陶瓷的熱爆裂，然就使用照燈加熱器的實施例而言則無此顧慮。另外，可內建故障安全防護模式來偵測製程安全性，並且當處理室未適當建立時，可停止加熱單元運作。

遠端電漿控制子程式 294 包括程式碼，用以控制遠端電漿系統 230 的運作。遠端電漿控制子程式 294 以類似上述其他子程式的方式內含於處理室管理子程式 285。

雖然本發明在此是以軟體方式施行且以通用電腦執行，但熟諳此技藝者將可理解，本發明也可利用硬體實現，例如應用特殊積體電路(ASIC)或其他硬體電路。如此應可理解，本發明可整體或部分為軟體、硬體、或二者兼具。

熟諳此技藝者亦將理解，選擇適合的電腦系統來控制 CVD 系統 210 是很平常的技藝。

3. 多室處理

群集工具的物理結構繪示於第 3 圖。圖中，群集工具 300 包括三個處理室 304 和二個附加處理站 308，且機械裝置 312 用來傳送基材於處理室 304 與處理站 308 之間。基材的傳送可在特定的周遭環境中進行，包括真空、存有選定氣體、預定溫度等條件。

使用群集工具製造複合氮化物半導體結構的方法概述於第 4 圖的流程圖。方法開始於方塊 404，其利用機械裝置 312 傳送基材到第一處理室 304-1。方塊 408 為在第一處理室中清洗基材。初始磊晶層的沉積開始於方塊 412，其第一處理室中建立預定的製程參數，例如溫度、壓力等。方塊 416 為流入前驅物，以進行方塊 420 沉積 $\text{III}_1\text{-N}$ 結構。前驅物包括氮源和第一 III 族元素源(例如 Ga)。例如，適合的氮前驅物包括 NH_3 ，適合的 Ga 前驅物包括三甲基鎔(trimethyl gallium, TMG)。第一 III 族元素有時可包含複數個截然不同的 III 族元素，例如 Al 與 Ga，此時適合的 Al 前驅物可為三甲基鋁(trimethyl aluminum, TMA)；在另一實施例中，複數個截然不同的 III 族元素包括 In 與 Ga，此時適合的 In 前驅物可為三甲基銦(trimethyl indium, TMI)。諸如 N_2 及 / 或 H_2 的載氣也可流入。

在方塊 420 中沉積 $\text{III}_1\text{-N}$ 結構之後，進行方塊 424 以

停止流入前驅物。在一些例子中，方塊 428 可另進行處理製程處理結構，包括進一步進行沉積或蝕刻步驟、或沉積與蝕刻的組合步驟。

無論是否另行步驟處理 $\text{III}_1\text{-N}$ 結構，皆於方塊 432 中將基材從第一處理室傳送到第二處理室。在不同的實施例中，此傳送可在高純度的 N_2 環境、高純度的 H_2 環境、或高純度的 NH_3 環境下進行；在一些例子中，傳送環境可為上述升溫環境。如方塊 436 所示， $\text{III}_1\text{-N}$ 過渡薄層沉積於 $\text{III}_1\text{-N}$ 結構上。沉積過渡層的方法類似沉積 $\text{III}_1\text{-N}$ 結構的方法，其一般採用與第一處理室先前使用之前驅物相同的前驅物，然部分例子也可採用不同的前驅物。

在方塊 440 中，建立適當的製程參數(如溫度、壓力等)來沉積 $\text{III}_2\text{-N}$ 層。方塊 444 為流入前驅氣體，以進行方塊 448 沉積 $\text{III}_2\text{-N}$ 結構。此結構包括 $\text{III}_1\text{-N}$ 層不含的 III 族元素，但 $\text{III}_1\text{-N}$ 層和 $\text{III}_2\text{-N}$ 層可另包含共同的 III 族元素。例如，當 $\text{III}_1\text{-N}$ 層為 GaN 層時， $\text{III}_2\text{-N}$ 層可為 AlGaN 層或 InGaN 層。若 $\text{III}_1\text{-N}$ 層具三元組成時(此非本發明所必須)，則 $\text{III}_2\text{-N}$ 層通常可包括其他組成，例如四元 AlInGaN 層。同樣地，當 $\text{III}_1\text{-N}$ 層為 AlGaN 層時， $\text{III}_2\text{-N}$ 層可為 AlInGaN 層上的 InGaN 層。適合沉積 $\text{III}_2\text{-N}$ 層的前驅物可類似沉積 $\text{III}_1\text{-N}$ 層的前驅物，即 NH_3 為適合的氮前驅物、 TMG 為適合的鎵前驅物、 TMA 為適合的鋁前驅物、且 TMI 為適合的銦前驅物。諸如 N_2 及/或 H_2 的載氣也可流入。沉積 $\text{III}_2\text{-N}$ 結構之後，進行方塊 452 以停止流入前驅物。

類似沉積 $\text{III}_1\text{-N}$ 結構，可如方塊 456 所示，額外進行一些沉積及/或蝕刻步驟處理 $\text{III}_2\text{-N}$ 結構。於第二處理室完成處理後，進行方塊 460 將基材傳出處理室。在一些例子中，可在二處理室完成處理，以於方塊 460 中完成結構。在其他例子中，於方塊 460 中將基材傳出第二處理室後，接著可將基材傳到另一處理室，如傳入第一處理室進行 $\text{III}_1\text{-N}$ 處理，或傳入第三處理室進行 $\text{III}_3\text{-N}$ 處理。各處理室間的傳輸順序可視特定裝置的製作而定，藉以利用各處理室具備的特定製程操作範圍。本發明不侷限用於特定製程的處理室數量、或群集工具中各處理室進行的處理次數。

僅為舉例說明而已，處理室之一可用來增加 GaN 的沉積速率，而第二處理室可用來增進沉積的均勻度。在許多結構中，因 GaN 層為完成結構中最厚的膜層，故總處理時間與 GaN 的沉積速率息息相關。因此最佳化第一處理室來加快 GaN 的生長可有效提高工具的總生產率。同時，加快 GaN 生長的硬體特徵相當不利於生成常做為活性發射中心的 InGaN 量子井。此類結構的生長一般需要更均勻的特性，其可以製造之發光結構的波長均勻度表示。犧牲生長速率可最佳化前驅物的分配情形，進而改善晶圓的均勻度。最佳化第二處理室來均勻沉積 InGaN 多重量子井結構，可不需大幅消耗整體結構的總處理時間即達到預定的均勻度。

方塊 412 與 440 建立的製程條件和方塊 416 與 444 流入的前驅物可視特殊應用而定。下表提供一般適用於利用

上述裝置生成氮化物半導體結構的示範製程條件和前驅物流速：

參數	數值
溫度(°C)	500-1500
壓力(托耳)	50-1000
TMG 流量(sccm)	0-50
TMA 流量(sccm)	0-50
TMI 流量(sccm)	0-50
PH ₃ 流量(sccm)	0-1000
AsH ₃ 流量(sccm)	0-1000
NH ₃ 流量(sccm)	100-100,000
N ₂ 流量(sccm)	0-100,000
H ₂ 流量(sccm)	0-100,000

如前所述，一特定製程可能不會引用全部的前驅物。例如在一實施例中，GaN 生成可能引進 TMG、NH₃、和 N₂；在另一實施例中，AlGaN 生成可能引進 TMG、TMA、NH₃、和 H₂，且 TMG 與 TMA 的相對流速為選擇達到沉積層中 Al:Ga 的預定化學計量比；在又一實施例中，InGaN 生成可能引進 TMG、TMI、NH₃、和 H₂，且 TMI 與 TMG 的相對流速為選擇達到沉積層中 In:Ga 的預定化學計量比。

上表亦指出氮以外的 V 族前驅物也可使用。例如，可流入氮化砷(AsH₃)來製造 III-N-P 結構。此結構中氮與其他

V 族元素的化學計量比可藉由適當選擇各前驅物的相對流速決定。在另些其他例子中，可引進摻質前驅物來形成摻雜之複合氮化物結構，例如使用稀土摻質。

使用複數個處理室做為部分群集工具來製造氮化物結構還可增進處理室清洗效力。一般預期，每回氮化物結構生長是從乾淨的基底(susceptor)開始，以盡可能提供良好的成核層。採用複數個處理室可在每回進行生長前清洗第一處理室，但較不常清洗第二處理室，以免影響製造結構的品質。此乃因第二處理室中形成的結構已具有氮化層。如此可提高生產率，並至少延長第二處理室等硬體的使用壽命。

採用多個處理室尚具有其他功效。例如，如先前第 1 圖之結構所述，因 n-GaN 層為最厚的膜層，故其沉積最為耗時。多個處理室可同時用來沉積 n-GaN 層，但錯開時間開始。單一附加處理室可用來沉積其餘結構，且插入快速沉積 GaN 層用的處理室之間。如此可避免在沉積 n-GaN 層時，附加處理室閒置，因而可增進整體產能；當其結合減少清洗附加處理室次數時尤其顯著。在一些例子中，此可用於製作某些以其他製造技術製作不具經濟效益的氮化物結構；例如 GaN 層厚度約為 10 微米的裝置。

4. 實施例

以下實施例說明第 4 圖概述之方法如何用於製造特定的結構。本實施例再次參照第 1 圖的 LED 結構，其是利用

具至少二處理室的群集工具製造。方法概述於第 5 圖的流程圖。簡言之，第一處理室進行清洗和初始 GaN 層沉積，第二處理室進行其餘 InGaN 層、AlGaN 層、和 GaN 接觸層生成。

方法開始於第 5 圖的方塊 504，其將藍寶石基材傳送到第一處理室。第一處理室是用來快速沉積 GaN 層，或許沉積的均勻度較差。第一處理室在送入基材前通常會先清洗，接著在方塊 508 中清洗處理室內的基材。方塊 512 為在第一處理室中生成 GaN 緩衝層 112 於基材上，此實施例包括在 550°C、150 托耳的狀態下流入 TMG、NH₃、和 N₂。其次進行方塊 516 以生成 n-GaN 層 116，此實施例包括在 1100°C、150 托耳的狀態下流入 TMG、NH₃、和 N₂。

沉積 n-GaN 層後，將基材傳出第一處理室並傳入第二處理室，且在高純度的 N₂ 氛圍下進行傳輸。第二處理室是用來非常均勻地進行沉積，或許整體的沉積速率較慢。在方塊 520 中沉積過渡 GaN 層後，進行方塊 524 以於第二處理室內生成 InGaN 多重量子井活性層。在此實施例中，InGaN 層的形成包括在 800°C、200 托耳的狀態下使用 TMG、TMI、和 NH₃，並伴隨流入 H₂ 載氣。接著進行方塊 528 以沉積 p-AlGaN 層，包括在 1000°C、200 托耳的狀態下使用 TMG、TMA、和 NH₃，並伴隨流入 H₂ 載氣。方塊 532 為沉積 p-GaN 接觸層，包括在 1000°C、200 托耳的狀態下使用 TMG、NH₃、和 N₂。

隨後進行方塊 536 以將完成之結構傳出第二處理室，

如此第二處理室已準備好接收其他來自第一處理室或另一第三處理室經部分處理的基材。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

本發明之本質和優點在參閱說明書其餘部分與所附圖式後將更明顯易懂，其中，各圖式中相同的元件符號表示類似的元件。在某些例子中，與元件符號相關的下標與連字號代表多個類似元件的其中一個。若文中指稱元件符號，而非特定指出現有之下標，則表示其是指所有此類的類似元件。

第 1 圖為 GaN 為基礎之 LED 結構的示意圖；

第 2A 圖為根據本發明實施例，構成部分多室群集工具之示範 CVD 設備的簡示圖；

第 2B 圖為用於第 2A 圖中示範 CVD 設備之一使用者介面實施例的簡示圖；

第 2C 圖為用於第 2A 圖中示範 CVD 設備之一系統控制軟體之階層(hierarchical)控制結構實施例的方塊圖；

第 3 圖為用於本發明實施例之多室群集工具的示意圖；

第 4 圖為利用第 3 圖之多室群集工具製造複合氮化物

半導體結構的方法流程圖；以及

第 5 圖為利用第 3 圖之多室群集工具製造第 1 圖之 LED 的特定方法流程圖。

【主要元件符號說明】

100	結構	104	基材
108	程序	112	緩衝層
116	n-GaN 層	120	多重量子井層
124	p-AlGaIn 層	128	接觸層
210	系統	213	虛線
215	真空室/處理室	216	氣體反應區
220	氣體輸送系統	221	氣體分配盤
223、224	箭頭	225	真空系統
226	加熱器	230	電漿系統
235	系統控制器	237	封閉構件
240	抽吸通道	243、260	管線
244	氣體混合箱	246	閥
247	導管	250	處理器
255、270	記憶體	257	入口
258	程式	263	節流閥系統
265	控制線路	271、272	壁面
273a	螢幕	273b	光筆
275	主機單元		
280、282、285、286、287、290、291、292、293、294	子		

程 式

300 群 集 工 具

304、304-1、304-2、304-3 處 理 室

308 處 理 站

312 機 械 裝 置

404、408、412、416、420、424、428、432、436、440、

444、448、452、456、460、504、508、512、516、520、

524、528、532、536 方 塊

102年11月7日修正本

十、申請專利範圍：

1. 一種製造一 III-V 族複合半導體結構的方法，該方法至少包含：

流入一第一 III 族前驅物和一第一 V 族前驅物至一第一處理室，該第一 III 族前驅物包含一第一 III 族元素；

藉由在該第一處理室中利用該第一 III 族前驅物與該第一 V 族前驅物的一熱化學氣相沉積製程沉積一第一層至一第一基材上，該第一層包含一 V 族元素和該第一 III 族元素；

在一高於沉積該第一層之溫度的溫度下，流入該包含該第一 III 族元素之第一 III 族前驅物和該第一 V 族前驅物至該第一處理室；

在該高於沉積該第一層之溫度的溫度下，在該第一處理室中利用該第一 III 族前驅物和該第一 V 族前驅物沉積一第二層至該第一層上，該第二層包含一 V 族元素和該第一 III 族元素；

沉積該第二層後，將該第一基材從該第一處理室傳送到不同於該第一處理室的一第二處理室；

流入一第二 III 族前驅物和一第二 V 族前驅物至該第二處理室，該第二 III 族前驅物包含該第一 III 族前驅物不含的一第二 III 族元素；以及

藉由在該第二處理室中利用該第二 III 族前驅物與該第二 V 族前驅物的一熱化學氣相沉積製程沉積一第三層於該

第二層上。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中將該第一基材從該第一處理室傳送到該第二處理室包含在一含有 90% 以上氮氣 (N_2) 的氛圍下傳送該基材。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中將該第一基材從該第一處理室傳送到該第二處理室包含在一含有 90% 以上氨氣 (NH_3) 的氛圍下傳送該基材。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中將該第一基材從該第一處理室傳送到該第二處理室包含在一含有 90% 以上氫氣 (H_2) 的氛圍下傳送該基材。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中將該第一基材從該第一處理室傳送到該第二處理室包含在一溫度大於 $200^{\circ}C$ 的氛圍下傳送該基材。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含伴隨該第一 III 族前驅物與該第一 V 族前驅物流入一第一載氣，其中該第一載氣選自由 N_2 和 H_2 構成之群組。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，更包含伴隨該第二

III 族前驅物與該第二 V 族前驅物流入一第二載氣，其中該第二載氣選自由 N_2 和 H_2 構成之群組。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含流入一第三 III 族前驅物至具有該第二 III 族前驅物和該第二 V 族前驅物的該第二處理室，其中該第三 III 族前驅物包含該第一 III 族元素。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中：

該第一 III 族元素為鎵；

該第二 III 族元素為鋁；

該第一層包含一氮化鎵 (GaN) 層；

該第二層包含一 n-氮化鎵 (n-GaN) 層；以及

該第三層包含一氮化鎵鋁 (AlGaIn) 層。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中：

該第一 III 族元素為鎵；

該第二 III 族元素為銦；

該第一層包含一氮化鎵 (GaIn) 層；

該第二層包含一 n-氮化鎵 (n-GaIn) 層；以及

該第三層包含一氮化鎵銦 (InGaIn) 層。

11. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中：

該第一 III 族元素為鎵；

該第二 III 族元素包括鋁和銦；

該第一層包含一氮化鎵(GaN)層；

該第二層包含一 n-氮化鎵(n-GaN)層；以及

該第三層包含一氮化鎵銦鋁(AlInGaN)層。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一 III 族前驅物包含一鎵前驅物，而該第一層包含一氮化鎵(GaN)層。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含在沉積該第三層前，於該第二處理室內沉積一過渡層至該第二層上，其中該過渡層的一化學組成同於該第一層，且該過渡層的厚度小於 10000 埃。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第一處理室適用於快速成長包含一 V 族元素與一 III 族元素的一材料。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該第二處理室適用於增進含有一 V 族元素與一 III 族元素之一沉積材料的均勻度。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含：

流入一第三 III 族前驅物和一第三 V 族前驅物至不同於該第一處理室與該第二處理室的一第三處理室，該第三 III 族前驅物包含一第三 III 族元素；

藉由在該第三處理室中利用該第三 III 族前驅物與該第三 V 族前驅物的一熱化學氣相沉積製程沉積一第三層至一第二基材上，該第三層包含一 V 族元素和該第三 III 族元素；

將該基材傳出該第二處理室；以及

將該基材傳出該第二處理室後，將該第二基材從該第三處理室傳送到該第二處理室，以於該第二處理室內沉積一第四層至該第三層上。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，其中該第二處理室在將該基材傳出該第二處理室與將該第二基材傳送到該第二處理室之間未經清洗。

18. 一種製造一 III-V 族複合半導體結構的方法，該方法至少包含：

流入一第一含鎵前驅物、一第一含氮前驅物、和一第一載氣至一第一處理室，該第一處理室適用於快速成長氮化鎵 (GaN)；

藉由在該第一處理室中利用該第一含鎵前驅物與該第

一含氮前驅物的一熱化學氣相沉積製程沉積一 GaN 層至一基材上，其中沉積該 GaN 層包括：

沉積一 GaN 緩衝層至該基材上；及

在高於沉積該 GaN 緩衝層之溫度的一溫度下，沉積一 n-GaN 層至該 GaN 緩衝層上；

在一含有 90% 以上氮氣 (N_2)、氫氣 (H_2) 或氨氣 (NH_3) 的氛圍中，將該基材從該第一處理室傳送到一第二處理室，該第二處理室適用於增進一沉積材料的均勻度；

於該第二處理室中沉積一 GaN 過渡層至該 GaN 層上，該 GaN 過渡層的厚度為小於 10000 埃；

流入一第二含鎵前驅物、一 III 族前驅物、一第二含 V 族前驅物、和一第二載氣至該第二處理室，該 III 族前驅物包含一不為鎵的 III 族元素；以及

藉由在該第二處理室中利用該第二含鎵前驅物、該 III 族前驅物與該第二含 V 族前驅物的一熱化學氣相沉積製程沉積一 III 族-Ga-N 層至該 GaN 過渡層上。

19. 如申請專利範圍第 18 項所述之方法，其中該 III 族前驅物為一含鋁前驅物，而該 III 族-Ga-N 層為一氮化鎵鋁 (AlGa₂N) 層。

20. 如申請專利範圍第 18 項所述之方法，其中該 III 族前驅物為一含銦前驅物，而該 III 族-Ga-N 層為一氮化鎵銦

(InGaN)層。

21. 如申請專利範圍第 18 項所述之方法，其中該 III 族前驅物包括一含鋁前驅物和一含銦前驅物，而該 III 族-Ga-N 層為一氮化鎵銦鋁 (AlInGaN) 層。

22. 一種用於製造一 III-V 族複合半導體結構的群集工具，該群集工具至少包含：

- 一定義一第一處理室的第一殼蓋，該第一處理室包括一第一基材支架；

- 一定義一第二處理室的第二殼蓋，該第二處理室包括一第二基材支架，且該第二處理室不同於該第一處理室；

- 一定義一第三處理室的第三殼蓋，該第三處理室包括一第三基材支架；

- 一機械傳輸系統，用以在一控制環境下傳送一基材於該第一基材支架、該第二基材支架與該第三基材支架之間；

- 一氣體輸送系統，用來引進數種氣體至該第一處理室、該第二處理室與該第三處理室；

- 一壓力控制系統，用以維持該第一處理室、該第二處理室與該第三處理室內的選定壓力；

- 一溫度控制系統，用以維持該第一處理室、該第二處理室與該第三處理室內的選定溫度；以及

- 一控制器，用以控制該機械傳輸系統、該氣體輸送系

統、該壓力控制系統和該溫度控制系統，其中該控制器係設以：

控制該氣體輸送系統，以流入一第一 III 族前驅物、一第一 V 族前驅物、和一第一載氣至該第一處理室，該第一 III 族前驅物包含一第一 III 族元素；

控制該壓力控制系統與該溫度控制系統，以在該第一處理室中利用一熱化學氣相沉積製程沉積一第一層至該基材上，該第一層包含一 V 族元素和該第一 III 族元素；

控制該機械傳輸系統，以在沉積該第一層後，將該基材從該第一處理室傳送到該第二處理室；

控制該氣體輸送系統，以流入一第二 III 族前驅物、一第二 V 族前驅物、和一第二載氣至該第二處理室，該第二 III 族前驅物包含該第一 III 族前驅物不含的一第二 III 族元素；以及

控制該壓力控制系統與該溫度控制系統，以在該第二處理室中利用一熱化學氣相沉積製程沉積一第二層至該第一層上。

23. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中將該基材從該第一處理室傳送到該第二處理室是在一含有 90% 以上之氮氣 (N_2)、90% 以上之氨氣 (NH_3)、或 90% 以上之氫氣 (H_2) 的氛圍下進行。

24. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中將該基材從該第一處理室傳送到該第二處理室是在一溫度為大於 200°C 的氛圍下進行。

25. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中該電腦可讀取程式更包括控制該氣體輸送系統的指令；用以流入一第三 III 族前驅物至具有該第二 III 族前驅物和該第二 V 族前驅物的該第二處理室，其中該第三 III 族前驅物包含該第一 III 族元素。

26. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中：

該第一 III 族元素為鎵；

該第二 III 族元素為鋁；

該第一層包含一氮化鎵 (GaN) 緩衝層和一 n-氮化鎵 (n-GaN) 層；以及

該第二層包含一氮化鎵鋁 (AlGa_{0.5}N) 層。

27. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中：

該第一 III 族元素為鎵；

該第二 III 族元素為銦；

該第一層包含一氮化鎵 (Ga_{0.5}N) 緩衝層和一 n-氮化鎵 (n-Ga_{0.5}N) 層；以及

該第二層包含一氮化鎵銦 (InGa_{0.5}N) 層。

28. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中：

該第一 III 族元素為鎵；

該第二 III 族元素包括鋁和銦；

該第一層包含一氮化鎵 (GaN) 層和一 n-氮化鎵 (n-GaN) 層；以及

該第二層包含一氮化鎵銦鋁 (AlInGa_N) 層。

29. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中該控制器係進一步設以控制該氣體輸送系統、該壓力控制系統、和該溫度控制系統，以在沉積該第二層前，於該第二處理室內沉積一過渡層至該第一層上，該過渡層的一化學組成實質上與該第一層相同。

30. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中該第一處理室適用於快速成長包含一 V 族元素與一 III 族元素的一材料。

31. 如申請專利範圍第 22 項所述之群集工具，其中該第二處理室適用於增進含有一 V 族元素與一 III 族元素之一沉積材料的均勻度。

32. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含：

在傳送該基材進入該第一處理室之前，將形成於該第一處理室中之一氣體反應區域暴露於一包含氯氣之清洗氣體；或者在傳送該基材進入該第二處理室之前，將形成於該第二處理室中之一氣體反應區域暴露於一包含氯氣之清洗氣體。

33. 如申請專利範圍第 17 項所述之方法，更包含：

在傳送該基材進入該第一處理室之前，將形成於該第一處理室中之一氣體反應區域暴露於一包含氯氣之清洗氣體；或者在傳送該基材進入該第二處理室之前，將形成於該第二處理室中之一氣體反應區域暴露於一包含氯氣之清洗氣體。

34. 一種處理一或多個基材以至少部分地形成一包括一或多個 III-V 族層之元件的方法，包含：

沉積一摻雜之 III-V 族層至一或多個基材之一表面上，該一或多個基材係置於一第一處理室之一處理區中，其中沉積該摻雜之 III-V 族層包含流入一摻質前驅物、一含鎵前驅物和一第一含 V 族前驅物至該一或多個基材之表面；

在一控制氛圍中將該一或多個基材自該第一處理室傳送至一第二處理室；以及

在該第二處理室之一處理區中沉積一第二 III-V 族層至該摻雜之 III-V 族層上，其中沉積該第二 III-V 族層包括流

入一含 III 族前驅物、一含鎵前驅物和一第二含 V 族前驅物至該一或多個基材之表面。

35. 如申請專利範圍第 34 項所述之方法，其中該摻雜之 III-V 族層包含一 n-氮化鎵 (n-GaN) 層，而該第二 III-V 族層包含一氮化鎵銦 (InGaN) 層。

36. 如申請專利範圍第 34 項所述之方法，更包含：

輸送一包含氯氣之清洗前驅物氣體至該第一處理室之處理區，以移除沉積於其上之摻雜 III-V 族層的一部分，或

輸送該清洗前驅物氣體至該第二處理室之處理區，以移除沉積於其上之第二 III-V 族層的一部分。

37. 如申請專利範圍第 34 項所述之方法，更包含：

在已經於該第一處理室中形成一或多個摻雜之 III-V 族層之後，移除沉積於該第一處理室之處理區之一表面上之摻雜 III-V 族層的至少一部分，其中移除該摻雜之 III-V 族層的至少一部分包括輸送一包含氯氣之清洗前驅物氣體至該摻雜之 III-V 族層；以及

在已經於該第二處理室中形成一或多個第二 III-V 族層之後，移除沉積於該第二處理室之處理區之一表面上之第二 III-V 族層的至少一部分，其中移除該第二 III-V 族層的

至少一部分包括輸送一包含氮氣之清洗前驅物氣體至該第二 III-V 族層；

其中自該第一處理室之表面移除該摻雜之 III-V 族層的部分之執行頻率不同於自該第二處理室之表面移除該第二 III-V 族層的部分。

38. 如申請專利範圍第 34 項所述之方法，更包含在沉積該摻雜之 III-V 族層至該一或多個基材之表面上之前，將該一或多個基材之表面暴露於一包含氮氣之氣體。

39. 如申請專利範圍第 34 項所述之方法，更包含在該第二處理室中利用該含鎔前驅物和該第一含 V 族前驅物來沉積一過渡層至該摻雜之 III-V 族層上，該過渡層包含氮和鎔。

40. 一種處理一或多個基材以至少部分地形成一包括一或多個 III-V 族層之元件的方法，包含：

沉積一第一 III 族氮化物層至一或多個基材之一表面上，該一或多個基材係置於一第一處理室之一處理區中，其中沉積該第一 III 族氮化物層包含流入一第一含鎔前驅物和一第一含氮前驅物至該一或多個基材之表面；

在一控制氛圍中將該一或多個基材自該第一處理室傳送至一第二處理室；以及

在該第二處理室之一處理區中沉積一第二 III 族氮化物

層至該第一 III 族氮化物層上，其中該第二 III 族氮化物層包含一摻雜之氮化鎵層。

41. 如申請專利範圍第 40 項所述之方法，其中該第一 III 族氮化物層包含 n-氮化鎵 (n-GaN)，而該第二 III 族氮化物層包含 p-氮化鎵鋁 (p-AlGaIn)。

42. 如申請專利範圍第 40 項所述之方法，更包含：

輸送一包含氯氣之清洗前驅物氣體至該第一處理室之處理區，以移除沉積於其上之第一 III 族氮化物層的一部分，或

輸送該清洗前驅物氣體至該第二處理室之處理區，以移除沉積於其上之第二 III 族氮化物層的一部分。

43. 如申請專利範圍第 40 項所述之方法，更包含：

在已經於該第一處理室中形成一或多個第一 III 族氮化物層之後，移除沉積於該第一處理室之處理區之一表面上之第一 III 族氮化物層的至少一部分，其中移除該第一 III 族氮化物層的至少一部分包括輸送一包含氯氣之清洗前驅物氣體至該第一 III 族氮化物層；以及

在已經於該第二處理室中形成一或多個第二 III 族氮化物層之後，移除沉積於該第二處理室之處理區之一表面上之第二 III 族氮化物層的至少一部分，其中移除該第二 III

族氮化物層的至少一部分包括輸送一包含氮氣之清洗前驅物氣體至該第二 III 族氮化物層；

其中自該第一處理室之表面移除該第一 III 族氮化物層的部分之執行頻率不同於自該第二處理室之表面移除該第二 III 族氮化物層的部分。

44. 如申請專利範圍第 40 項所述之方法，更包含在沉積該第一 III 族氮化物層至該一或多個基材之表面上之前，將該一或多個基材之表面暴露於一包含氮氣之氣體。

45. 一種處理一或多個基材以至少部分地形成一包括一或多個 III-V 族層之元件的方法，包含：

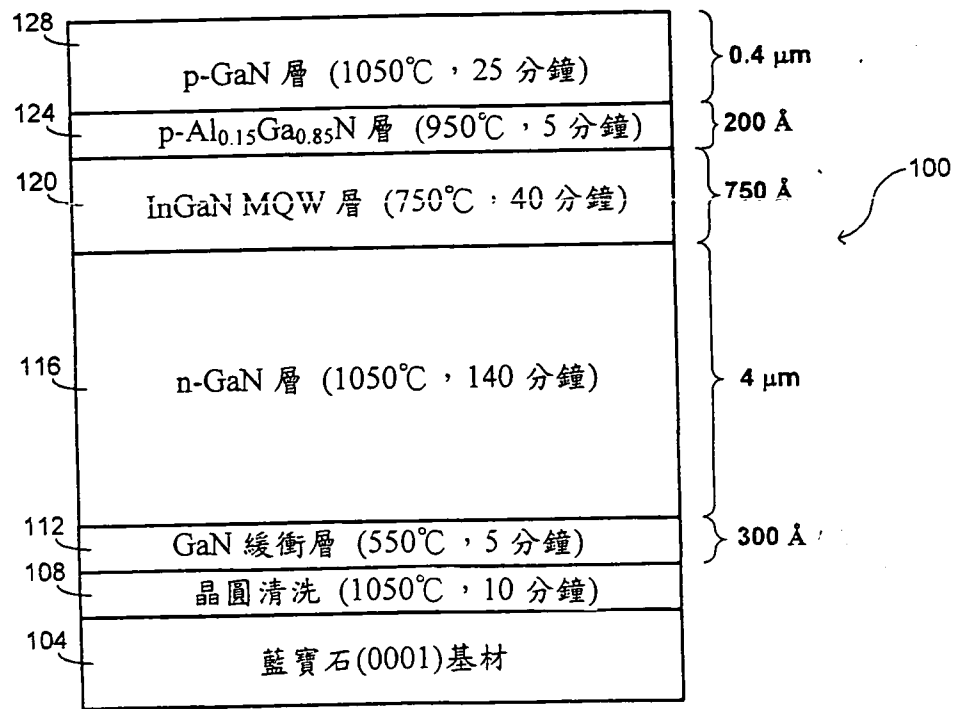
形成一第一 III 族氮化物層至一或多個基材之一表面上，該一或多個基材係置於一第一處理室之一處理區中，其中形成該第一 III 族氮化物層包含流入一第一含鎵前驅物和一第一含氮前驅物至該一或多個基材之表面；

在一控制氛圍中將該一或多個基材自該第一處理室傳送至一第二處理室；

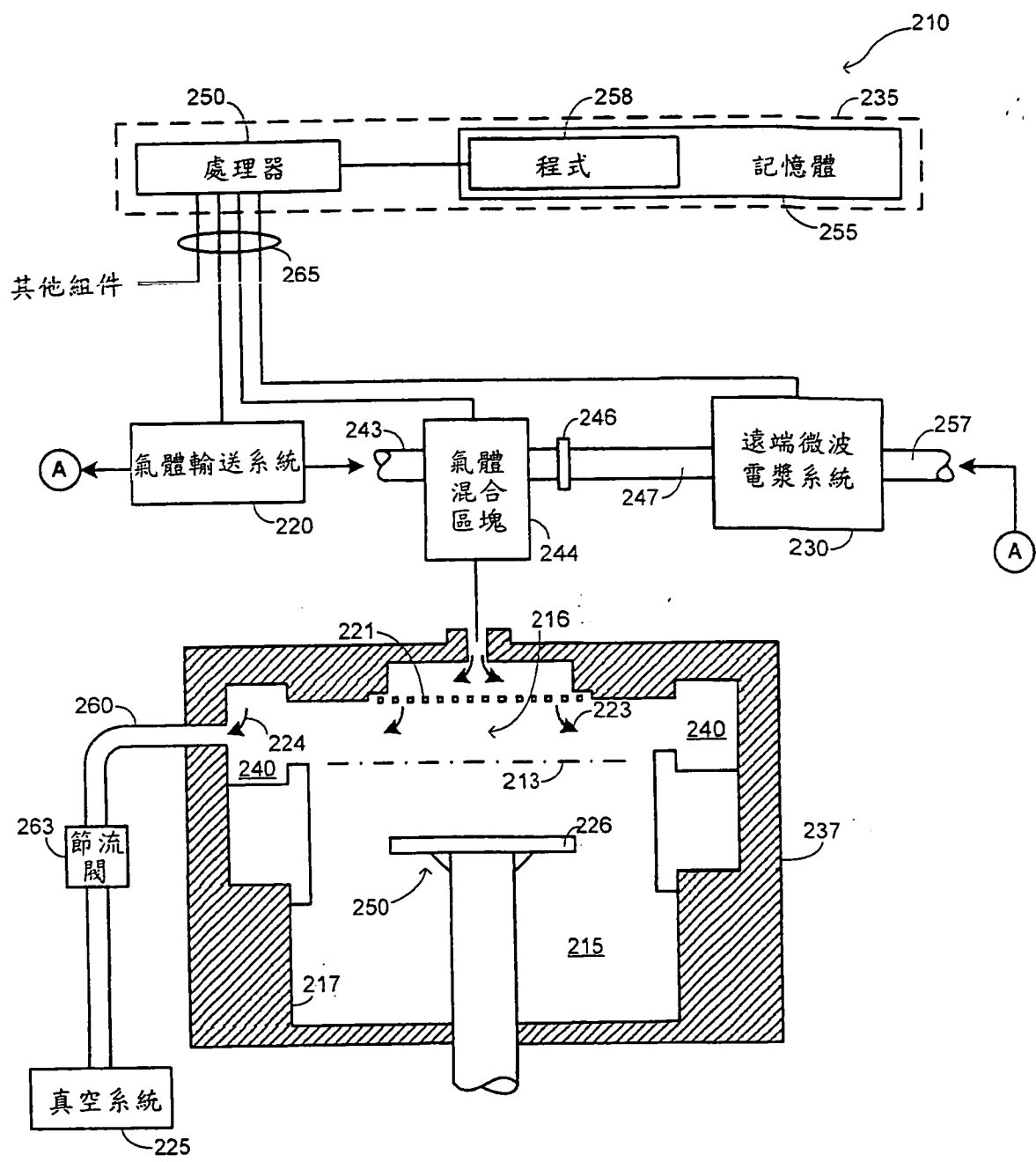
在該第二處理室之一處理區中形成一第二 III 族氮化物層至該第一 III 族氮化物層上，其中該第二 III 族氮化物層包含一三元 III 族氮化物層；

透過該控制氛圍將該一或多個基材自該第二處理室傳送至一第三處理室；以及

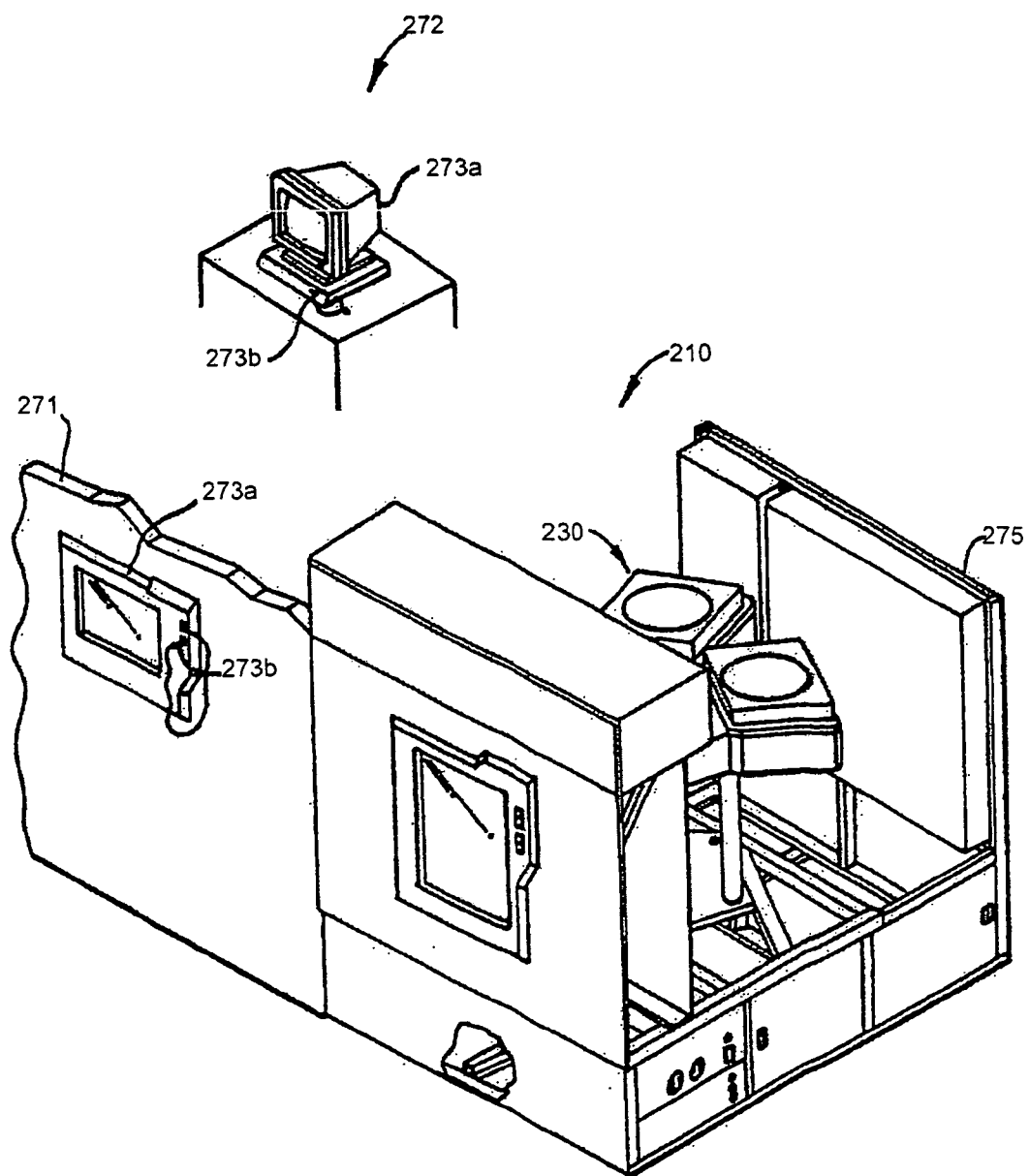
在該第三處理室之一處理區中形成一第三 III 族氮化物層至該第二 III 族氮化物層上。



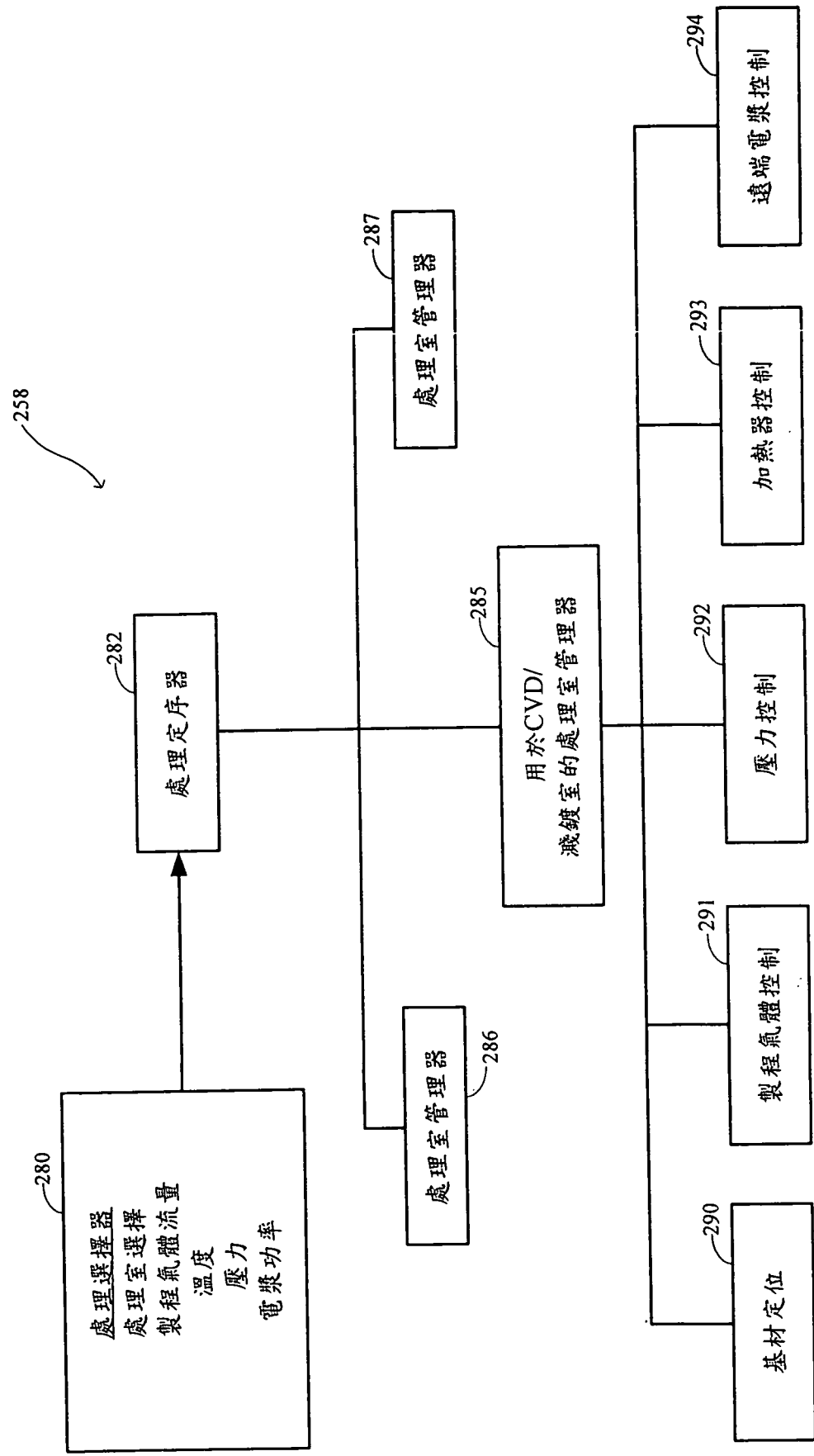
第 1 圖



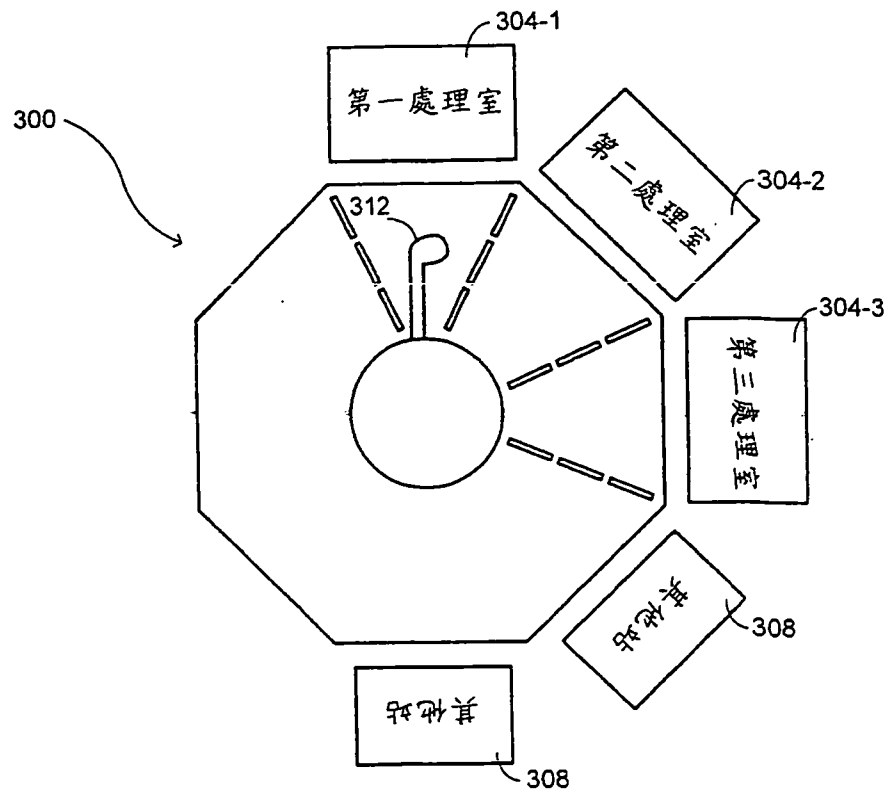
第 2A 圖



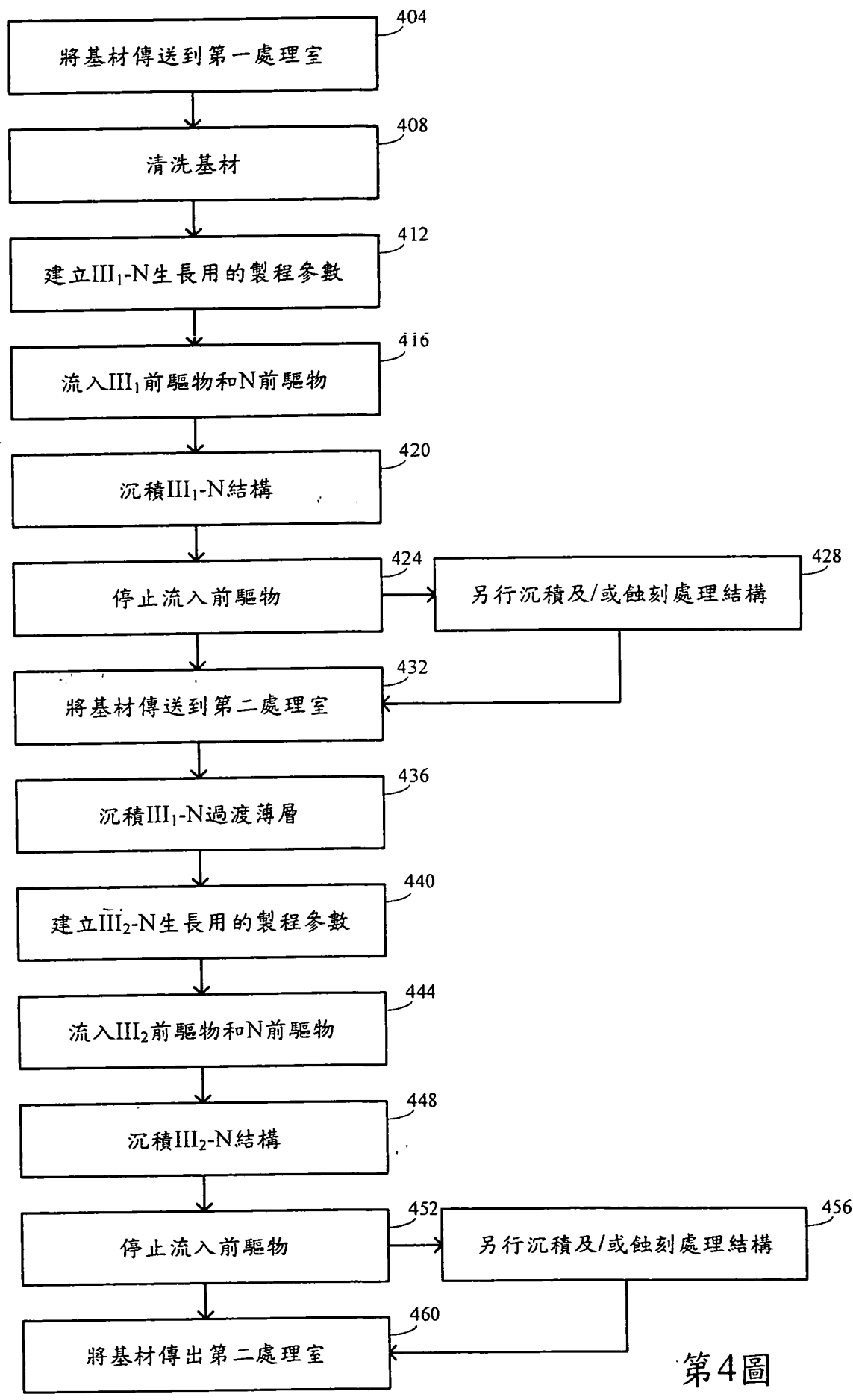
第 2B 圖



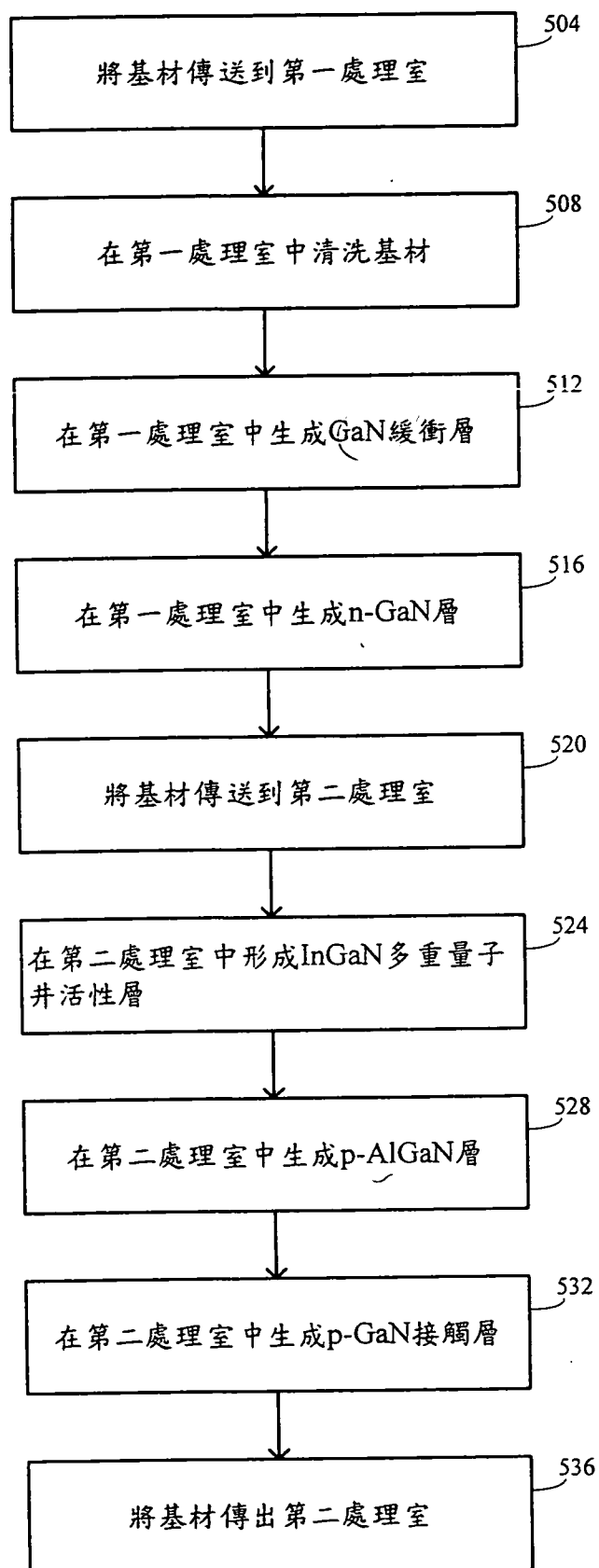
第2C圖



第 3 圖



第4圖



第5圖