



(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 201905233 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：106121960

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 30 日

(51)Int. Cl. : C23C16/46 (2006.01)

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

新竹市東區大學路 1001 號

(72)發明人：陳衛國 CHEN, WEI-KUO (TW)；程峻宏 CHENG, CHUN-HUNG (TW)

(74)代理人：蔡朝安

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：2 共 19 頁

(54)名稱

化學氣相沈積裝置

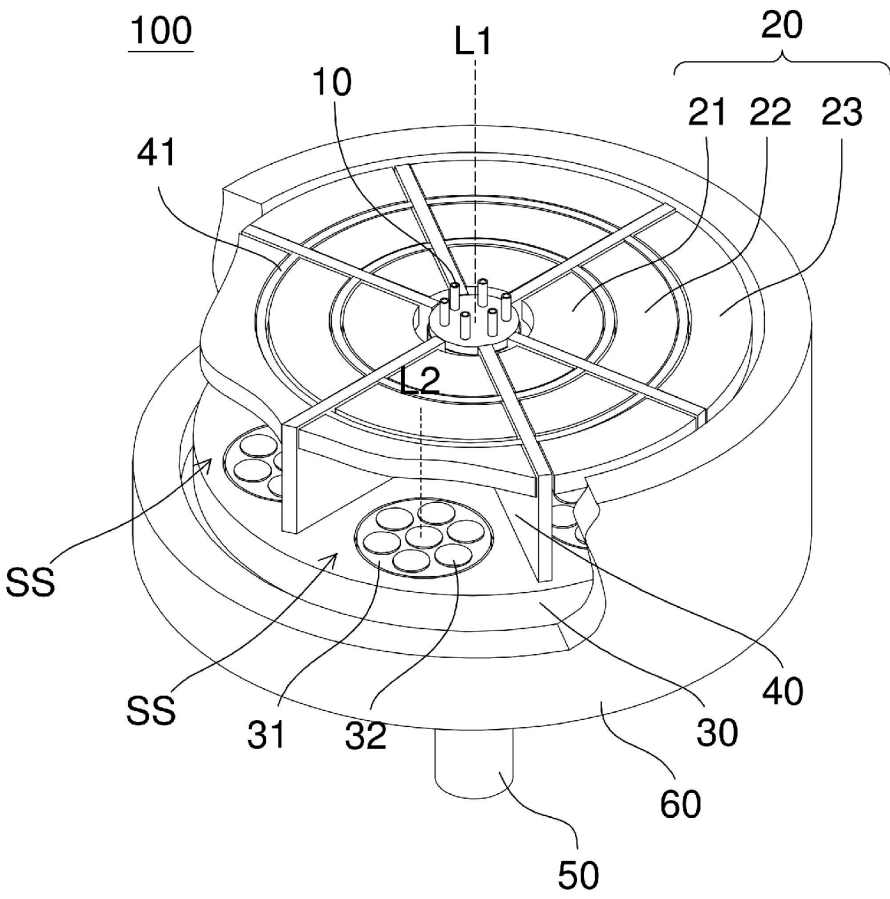
CHEMICAL VAPOR PHASE GROWTH APPARATUS

(57)摘要

一種化學氣相沈積裝置，得以在複數個基板上成長薄膜，包括：下熱庫，其上設置有複數個承載盤，每一複數個承載盤上具有複數個基板；上熱庫，該上熱庫以一間距設置於下熱庫上方以形成反應腔，上熱庫包含複數個上熱庫單元；複數個隔板，其設置於下熱庫及上熱庫間以將反應腔分隔為複數個子反應室，該隔板亦可具有絕熱性質，以減少或隔絕複數個子反應室的熱交換；以及進氣裝置，其是對應於複數個子反應室而設置以提供至少一前驅物質進入複數個子反應室中；其中，下熱庫提供薄膜成長所需之基板溫度，而每一該複數個上熱庫單元提供一工作溫度，以使子反應室具有溫度梯度變化。

A vapor growth apparatus for growing thin film on substrates comprises: a lower heating element, comprises a plurality of carrier disks thereon, each of the carrier disks comprises a plurality of substrates thereon for thin film deposition; an upper heating element, disposed over the lower heating element by a gap to form a reaction chamber, comprises a plurality of upper heating units; a plurality of partitions, disposed between the lower heating element and the upper heating element to separate the reaction chamber into a plurality of sub-chambers, the partitions can be made of thermal insulators in order to reduce the heat exchange between sub-chambers; and the gas inlets, connected to the sub-chambers for providing at least one precursor into the sub-chambers. The lower heating element provides a substrate temperature to substrates for film growth, and each of the heating units in the upper heating element is heated to a given operating temperature and the differences between the above said temperatures form a temperature-gradient profile in each sub-chamber.

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 10 . . . 進氣裝置
 - 20 . . . 上熱庫
 - 21、22、23 . . . 上熱庫單元
 - 30 . . . 下熱庫
 - 31 . . . 承載盤
 - 32 . . . 基板
 - 40、41 . . . 隔板
 - 50 . . . 排氣裝置
 - 100 . . . 化學氣相沈積裝置
 - SS . . . 子反應室
 - L1、L2 . . . 中心軸線

圖 1



201905233

申請日: 106/06/30

IPC分類: **C23C 16/46** (2006.01)**【發明摘要】****【中文發明名稱】** 化學氣相沈積裝置**【英文發明名稱】** CHEMICAL VAPOR PHASE GROWTH APPARATUS**【中文】**

一種化學氣相沈積裝置，得以在複數個基板上成長薄膜，包括：下熱庫，其上設置有複數個承載盤，每一複數個承載盤上具有複數個基板；上熱庫，該上熱庫以一間距設置於下熱庫上方以形成反應腔，上熱庫包含複數個上熱庫單元；複數個隔板，其設置於下熱庫及上熱庫間以將反應腔分隔為複數個子反應室，該隔板亦可具有絕熱性質，以減少或隔絕複數個子反應室的熱交換；以及進氣裝置，其是對應於複數個子反應室而設置以提供至少一前驅物質進入複數個子反應室中；其中，下熱庫提供薄膜成長所需之基板溫度，而每一該複數個上熱庫單元提供一工作溫度，以使子反應室具有溫度梯度變化。

【英文】

A vapor growth apparatus for growing thin film on substrates comprises: a lower heating element, comprises a plurality of carrier disks thereon, each of the carrier disks comprises a plurality of substrates thereon for thin film deposition; an upper heating element, disposed over the lower heating element by a gap to form a reaction chamber, comprises a plurality of upper heating units; a plurality of partitions, disposed between the lower heating element and the upper heating element to separate the reaction chamber into a plurality of sub-chambers, the partitions can be made of thermal

insulators in order to reduce the heat exchange between sub-chambers; and the gas inlets, connected to the sub-chambers for providing at least one precursor into the sub-chambers. The lower heating element provides a substrate temperature to substrates for film growth, and each of the heating units in the upper heating element is heated to a given operating temperature and the differences between the above said temperatures form a temperature-gradient profile in each sub-chamber.

【指定代表圖】圖1

【代表圖之符號簡單說明】

10	進氣裝置
20	上熱庫
21、22、23	上熱庫單元
30	下熱庫
31	承載盤
32	基板
40、41	隔板
50	排氣裝置
100	化學氣相沈積裝置
SS	子反應室
L1、L2	中心軸線

【發明說明書】

【中文發明名稱】化學氣相沈積裝置

【英文發明名稱】CHEMICAL VAPOR PHASE GROWTH APPARATUS

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種化學氣相沈積(Chemical Vapor Deposition, CVD)裝置，特別是一種具有多個子反應室的化學氣相沈積裝置，其中除了設置下熱庫以提供基板成長溫度外，在每個子反應室上方另設置上熱庫，其包含多個上熱庫單元。在薄膜製備期間，可藉由上熱庫以及下熱庫的設定，調整各個子反應處理室內氣流徑軸向以及垂直向的三維溫度變化，以提昇前驅物之熱裂解效率，並擴增薄膜製備之成長窗口(Growth window)。

【先前技術】

【0002】 化學氣相沈積(Chemical Vapor Deposition, CVD)常用於製備絕緣體、導體或半導體等薄膜材料，廣泛應用於製造積體電路(Integrated Circuit, IC)、光電元件和微機電系統(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)等消費性及工業界之應用元件。其中積體電路產業全球年產值約為778億美元，微機電系統產業全球年產值約為110億美元，光電產業之發光二極體(Light-Emitting Diode, LED)及照明市場之全球年產值約為392億美元。因此，一種能夠提供製備高品質薄膜的化學氣相沈積系統至為重要，不僅可以提昇薄膜製備品質，增進元件性能，亦可帶來相關科技產業可觀之經濟效益。

【0003】 化學氣相沈積(chemical vapor deposition, CVD)為一種薄膜製程方法，其做法是將前驅物通入反應腔內，於氣相和基板表面上進行化學反應，最後

在基板表面形成薄膜。因溫度係化學反應最基本且重要的製程參數，故以溫度簡化討論，製備高品質薄膜的較佳條件係腔體的工作溫度恰能同時配合前驅物之氣相熱裂解溫度以及薄膜成長溫度的需求；後者更必須低於薄膜分解溫度，以避免薄膜分解、揮發，導致大量缺陷產生。目前較常使用的CVD種類有：(1)冷壁式氣相沈積系統(Cold-wall CVD, CWCVD)、(2)熱壁式化學氣相沈積系統(Isothermal Hot-wall CVD, HWCVD)、(3)溫梯式化學氣相沈積系統(Thermal gradient CVD, TGCVD)、(4)多子反應室化學氣相沈積系統(sub-chambers CVD, SCVD)。

【0004】然而，當成長一元以上之多元化合物薄膜時，有時又必須使用不同熱裂解溫度的前驅物如SiGe之SiH₄及GeH₄、SiC之SiH₄及CH₄、InGa_{0.5}N之TMIn及NH₃等，在這種情況下，傳統CVD腔體溫度之設計有時並無法同時兼顧上述溫度之各自需求，致使成長窗口(growth window)窄小，致使特定薄膜之成長品質並非是最佳品質。

【0005】冷壁式化學氣相沈積系統(CWCVD)，此設計概念為美國專利US No. 3,293,074於1966年所揭露，此反應腔唯一的熱能來源為放置基板的熱庫(在本發明稱下熱庫)，用以提供薄膜成長所需之溫度，同時也提供前驅物熱裂解之能量。此系統特色為僅具單一下熱庫，其餘腔壁均未加熱，甚或通以冷卻液降溫。前驅物藉由擴散機制趨近基板，在基板上方或表面進行熱裂解/聚合反應，最後在表面完成薄膜沈積反應。由於此系統簡單之設計，已廣泛應用於成長一般的III-V族和II-IV族光電元件、高速元件、金屬氧化物半導體場效電晶體之元件結構製備。

【0006】均溫式熱壁氣相沈積系統(CVD)係改良型的冷壁式氣相沈積系統(CWCVD)，為美國專利US No. 4,533,820於1985年所揭露。此系統的設計有別於CWCVD僅具單一下熱庫，其特色為利用加熱源(如燈絲)將整個反應腔均勻地加

熱，即反應腔和下熱庫都維持在約略相等的溫度。通常此反應腔操作溫度偏高，是故大部份前驅物在到達基板前皆先於氣相預先裂解形成中間產物(intermediate product)或是最後階段的活性反應物分子，有利於高品質高溫之薄膜成長。此系統較常用於成長前驅物不易裂解，且薄膜熱穩定性高之材料。如碳化矽(SiC)、碳化鈦(TiC)、二氧化鈦(TiO₂)、二氧化矽(SiO₂)和氮化矽(SiN)等。

【0007】 溫梯式氣相沈積系統(TGCVD)亦為改良型的冷壁式氣相沈積系統(CWCVD)，此系統係在垂直反應腔之下方置一下熱庫，上面放置沈積薄膜所用之基板，並於反應腔上方新增另一上熱庫，利用上、下熱庫之溫度差異以形成腔體內垂直向的溫度梯度分佈。此設計可見於1998年美國專利No.US 5,759,263，該反應腔之上熱庫與下熱庫可獨立控溫，分別以不同的能量裝置加熱。通常上熱庫之設定溫度超過下熱庫，藉此以營造由上熱庫至下熱庫高低溫差之溫度梯度。此系統能藉由高溫上熱庫的使用，提昇腔體內的氣相溫度，增強前驅物熱裂解反應，常用於前驅物熱穩定高之薄膜材料。

【0008】 多子反應室化學氣相沈積系統(SCVD)亦是一種常見的化學氣相沈積系統。美國專利No. US 5,281,274及US 5,730,802分別於1994年和1998年所提出。該設計係以冷壁式反應腔為基底，再以隔板分割成多個子反應室，基板係置放於下熱庫，下熱庫本身具備旋轉之功能。使用SCVD反應腔其中一種最常見的薄膜製備模式為:分別將不同的陰、陽離子前驅物及/或載流氣體(清潔氣體)通入不同子反應室，藉由下熱庫的旋轉使得基板得以進入不同陰、陽離之子反應室，以原子層模式成長所需之薄膜。此方法具備原子層級之厚度控制、優異的均勻覆蓋率，常用於進行奈米結構之薄膜沈積，諸如半導體薄膜、晶種層、連線金屬層高介電係數閘極層與阻障層。

【0009】 然而，以上所提到的種種化學氣相沈積系統分別存在不同的限制，最基本的就是前驅物選用及適用薄膜種類的限制。冷壁式氣相沈積系統

(CWCVD)之限制為其下熱庫不僅需供應製備薄膜的成長溫度，尚需提供前驅物熱解反應所需的能量，故僅能用於成長前驅物易於裂解且熱穩定性較佳、不易揮發分解之薄膜材料。倘若前驅物之熱裂解溫度較高，薄膜材料又相對地熱不穩定，提昇下熱庫工作溫度雖可增進前驅物之熱裂解效率，但常常伴隨著薄膜揮發分解現象，產生大量的空缺缺陷，不利於高品質光電薄膜材料之製備。

【0010】均溫式熱壁氣相沈積系統(HWCVD)之整個腔體被均勻加熱至所設定之工作溫度，通常是高溫，以利於前驅物充分裂解，特別適合用於成長高熱穩定的薄膜材料。然使用此系統的前提是，必須慎選前驅物。前驅物成長薄膜的反應中最好不具有明顯氣相副反應途徑，以免在氣相中產生奈米或毫米級之微塵粒子，空乏前驅物之供應，造成薄膜表面的粒子沈積，影響薄膜的品質。

【0011】溫梯式氣相沈積系統(TGCVD)與上述均溫式熱壁氣相沈積系統最大差異係具備獨立控溫的上、下熱庫。溫梯式氣相沈積系統可能最能發揮其特色的使用方式是上熱下冷。上熱庫設定較高溫藉此使得熱穩定性較佳的前驅物能於氣相中充分裂解。然而，在此高溫條件下，若其中有一種前驅物自身產生副反應，或多種前驅物彼此之間存在連鎖副反應，則不利於薄膜之製備，這限縮了溫梯式氣相沈積系統的應用，不利於有些多元材料薄膜之製備。

【0012】另一方面，多子反應室化學氣相沈積系統(SCVD)之多子反應室設計初衷之設計理念係將成長薄膜所需之陰、陽離子前驅物各別通入不同的子反應室中，採取原子層或近似原子層磊晶機制的技術製備薄膜，求取原子級厚度之精確控制及滿意的薄膜品質，同時又可避免前驅物氣相副反應之產生。因該磊晶機制成功與否取決於前驅物是否進行簡單的化學氣相反應，以及裂解成簡單的化學活性反應分子，通常僅限於符合上述條件之一元或二元薄膜材料的製備。這是因為一旦成長多元化合物時，勢必通入複數個陰、陽離子之前驅物，習見之單一熱庫多子反應室化學氣相沈積系統之設計，在滿足薄膜成長溫度之基本需求

外，很難同時兼顧各個前驅物之最佳裂解溫度及最適活性反應分子之需求，不易達成原本設定原子層磊晶機制的技術要求。

【發明內容】

【0013】 鑒於上先前技術所遇到的問題與使用上的限制，本專利提出一種用於薄膜製程的化學氣相沈積裝置，特別是具有多個子反應室的化學氣相沈積反應裝置。本發明之化學氣相沈積裝置包含：下熱庫，其上設置有複數個承載盤，每一複數個承載盤上具有複數個基板以用於沈積薄膜；上熱庫，其以一間距設置於下熱庫上以形成反應腔，上熱庫包含複數個上熱庫單元；複數個隔板，其設置於下熱庫及上熱庫間以將反應腔分隔為複數個子反應室；以及進氣裝置，其是對應於複數個子反應室而設置以提供至少一前驅物質進入複數個子反應室中；其中，下熱庫提供薄膜成長所需之基板溫度，而每一該複數個上熱庫單元提供一工作溫度以使子反應腔具有一溫度梯度變化。

【0014】 在薄膜製備時，可以藉由下熱庫或基板承載盤之旋轉將下熱庫上的基板轉入不同子反應室，以成長不同組成元素之薄膜。以下概述本專利多子反應室的沈積反應腔的基本特色，又以具體實施例詳加說明各個特色，使之更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【0015】 特色一：本發明之化學氣相沈積裝置具有複數個熱裂解子反應室，此設計有利於解決不同前驅物之熱裂解溫度需求。在薄膜製備時，可將不同熱裂解溫度之前驅物分別通入不同的子反應室，並針對各個前驅物的熱裂解需求，調控及設定上熱庫溫度，達到最適熱裂解溫度條件。在最佳的條件下，因每個前驅物皆已裂解成最適之中間反應物，或完全裂解成元素原子或分子，就可以減少或避免前驅物自身所攜帶之支鏈等雜質融入薄膜，成為半導體中電子及電

洞的補償或散射中心。故藉由本發明之具有複數個子反應室的化學氣相沈積裝置可以避免或降低前驅物自身雜質之融入，利於高品質薄膜材料的製備。

【0016】 特色二：本發明之化學氣相沈積裝置可成長低溫高品質薄膜，由於各個子反應室上熱庫獨立溫度調控的設計，各個前驅物可以各自在最適的溫度下進行熱裂解反應，分解成薄膜製程反應所需的活性中間反應物、元素分子或原子，是以下熱庫不需配合最難裂解前驅物之高溫需求，因而下熱庫之設定溫度通常得以降低。這不似習知之冷壁式化學氣相沈積系統，其單一熱庫的溫度選擇必須同時兼顧複數個前驅物裂解及薄膜製備溫度之需求，故本發明之具有複數個子反應室的化學氣相沈積裝置具有低溫製備薄膜之能力。

【0017】 特色三：本發明之化學氣相沈積裝置可降低不同前驅物產生氣相副反應的現象，其可將易於形成副反應的兩種或兩種以上之前驅物分別通入不同的子反應室，避免這些反應物在到達基板前相互碰撞接觸，因而得以去除習知反應腔在高溫及高壓(>100 Torr)操作時常見之副反應現象，不僅可以提升前驅物的使用效率，亦可藉此提升薄膜品質。

【0018】 特色四：本發明之化學氣相沈積裝置可控制單個子反應室的三維溫度分佈，每個子反應室的上熱庫可由複數個上熱庫單元所組成，每個上熱庫單元具有獨立之溫控裝置。在薄膜製備時，當選定下熱庫工作溫度(基座溫度)後，我們可藉由調控各個上熱庫單元之溫度，使得上熱庫呈現不同的溫度梯度分佈，進而產生子反應室內徑軸向以及垂直向的三維溫度變化。由於溫度是前驅物裂解反應以及化學氣相沈積反應之重要控制因子，改變反應腔之三維空間溫度分佈，亦可改變前驅物裂解及沈積之化學反應途徑。

【0019】 特色五：本發明之化學氣相沈積裝置可進行單一原子層沈積，其亦可進行多元化合物的原子層薄膜沈積（ALD，Atomic Layer Deposition）。迥異於傳統CVD沈積連續成長模式，原子層薄膜沈積技術係採用「自我限制成長

機制」(self-limiting growth mechanism) 成長，亦即在薄膜製備時採週期方式成長薄膜，每一週期又分不同元素的區段時間和清除時間。同一區段時間在同一個子反應室僅通入一種反應物，當同一反應物或中間產物在基座上吸附單一堆疊層(monolayer)後，其餘的多餘反應物或中間產物並不會繼續在該層堆疊附著。該單一堆疊層隨即在表面與基座原子進行表面化學反應，最後僅留下一層單一元素之原子層於基座表面，經過一週期後即完成不同元素之多元原子層沈積。惟原子層薄膜沈積技術成功與否仰賴諸多條件配合，製備窗口並非寬廣。最重要的兩個因素分別為，反應物是否轉化成適宜的中間產物，基座溫度是否能夠滿足「自我限制成長機制」的模式，同時又維持高品質薄膜之生長條件。本發明之化學氣相沈積裝置因在進行原子層沈積時，每個子反應室僅通入一前驅物，每個子反應室皆可獨立控制上熱庫溫度，致使每一前驅物皆可熱解成適宜的中間產物，有助於在選定溫度之基座表面進行「自我限制成長機制」的模式成長，和習知CVD技術相較，更有機會完成多元薄膜材料之原子層沈積。

【圖式簡單說明】

【0020】

圖1為根據本發明一實施例之化學氣相沈積裝置剖面示意圖。

圖2為根據本發明另一實施例之具有排氣裝置之化學氣相沈積裝置的剖面示意圖。

【實施方式】

【0021】藉由下述之較佳實施例，進一步詳細說明本發明之化學氣相沈積裝置的專利特色。需注意的是，以下各實施例所揭示之薄膜種類，係為便於解釋本案技術特徵，並非用以限制其可實施之態樣。

【0022】請參閱圖1，本發明之化學氣相沈積裝置100包含下熱庫30，其上設置有複數個承載盤31，每一複數個承載盤31上具有複數個基板32以用於沈積薄膜；上熱庫20，其以一間距設置於下熱庫30上以形成反應腔，上熱庫20包含複數個上熱庫單元21、22、23；複數個隔板40，其設置於下熱庫30及上熱庫20間以將反應腔分隔為複數個子反應室SS；以及進氣裝置10，其是對應於複數個子反應室SS而設置以提供至少一前驅物質進入複數個子反應室SS中。

【0023】其中，下熱庫30可延著其中心軸線L1而旋轉，而複數個承載盤31可延著其中心軸線L2旋轉。當下熱庫30以中心軸線L1為軸心，進行順時鐘或逆時鐘的公轉旋轉時，可使其上具有基板32的承載盤31進入不同的子反應室SS中。另外一方面，當承載盤31以中心軸線L2為軸心個別地進行自轉旋轉時，可使各個基板32進行均勻的薄膜沈積。

【0024】而上熱庫20及下熱庫30可設計為圓形，且上熱庫20及下熱庫30之間的問題可依需求而調整。設置於上熱庫20及下熱庫30之間的複數個隔板40將反應腔分隔出為扇形的複數個子反應室SS。其中，兩兩相鄰之隔板40之間的角度可依需求而調整，較佳地，該複數個隔板之兩兩相鄰者之間的角度可為10度~180度。

【0025】其中，下熱庫30可提供第一溫度，而上熱庫20可提供第二溫度以使子反應室具有軸向溫度梯度變化。較佳地，下熱庫30可提供第一溫度，上熱庫20之上熱庫單元21、22、23可分別提供第二溫度、第三溫度及第四溫度，以使每一子反應室SS可沿著其徑向方向或垂直方向具有三維溫度變化。其中，上熱庫單元21、22、23之間亦具有隔板41以彼此相互間隔。

【0026】此外，本發明之化學氣相沈積裝置100可更包含排氣裝置50以將外腔體60中的廢氣排出，請參閱圖1及圖2，排氣裝置50及進氣裝置10可依需求而設置於不同的位置。舉例而言，在本發明之一實施例中，進氣裝置10可設置於化學氣相沈積裝置100的中心，而排氣裝置50可設置於該化學氣相沈積裝置之下方，如圖1所示。在本發明之另一實施例中，進氣裝置10可設置於化學氣相沈積裝置之外側，而排氣裝置50可設置於化學氣相沈積裝置200的中心，如圖2所示。其中進氣裝置可包含複數個平行排列之導引構件，用以導引進入腔體之前驅物，使其於基板上方之磊晶區以層流方式流動。

【0027】在本發明之一實施例中，上熱庫及下熱庫可包含接觸式加熱裝置或非接觸式加熱裝置，舉例而言，接觸式加熱裝置可包含熱阻絲加熱裝置或陶瓷加熱裝置。而非接觸式加熱裝置可包含高週電磁波感應加熱裝置、電磁波輻射紫外線加熱裝置、可見光燈管、或遠紅外線燈管。

【0028】在本發明之一實施中，化學氣相沈積裝置可更包含冷卻裝置，其可位於上熱庫或下熱庫中，或者，冷卻裝置可位於複數個隔板中。舉例而言，複數個隔板可為中空結構，該中空結構中可通入冷卻流體以用於調整溫度。在本發明之另一實施例中，複數個隔板可為實心結構。

【0029】接著，將說明使用本發明之氣相沈積裝置進行薄膜製程的過程，在本發明之一實施例中，將以製備第5代通訊系統（工作頻率E-Band:71–76 GHz, 81–86 GHz)的矽鍺異質雙載子電晶體(SiGe heterojunction bipolar transistor，簡稱SiGe HBT)薄膜元件為例進行說明。SiGe HBT的元件頻率響應規格為100-200GHz，在200GHz之頻率要求下，一般來說，SiGe HBT中基極(Base)的Ge含量約為25%，厚度約為25nm。但因射極、集極材料通常是Si，Ge(5.65Å)與Si(5.43Å)晶體兩者之間存在4%晶格常數差異，為維持薄膜品質，集極的Si_{0.75}Ge_{0.25}單晶薄膜厚度必須低於臨界厚度，以避免薄膜表面粗糙，形成本質性的結構缺陷。而臨

界厚度又與薄膜成長溫度相關， $\text{Si}_{0.75}\text{Ge}_{0.25}/\text{Si}$ 之臨界厚度在 900°C 與 600°C 溫度分別是10 nm與30 nm，故SiGe HBT之 $\text{Si}_{0.75}\text{Ge}_{0.25}$ 薄膜不得不選擇在 600°C 附近的溫度下成長，以維持二維層狀成長模式。然而，前驅物 GeH_4 與 SiH_4 的裂解溫度較高，此一溫度遠低於兩者之初始裂解溫度(皆為約 790°C)，並非是SiGe薄膜最佳的製備條件。而前驅物的裂解不全，常會導致薄膜雜質(impurity)或結構缺陷(如空缺、錯位及間隙缺陷)大量地產生，惡化薄膜的光電性性質，因而造成元件效能無法充份發揮。

【0030】 對此，使用本發明之化學氣相沈積裝置製備上述SiGe HBT薄膜元件時，可配合SiGe HBT臨界厚度之需求，將提供薄膜製備溫度的下熱庫設定在 600°C 或更低的溫度下，同時將子反應室中的上熱庫20設定於較高的工作溫度藉此裂解前驅物 SiH_4 與 GeH_4 。詳細來說，當將 SiH_4 與 GeH_4 通入不同的子反應室中後，可分別設定通入 SiH_4 子反應室中的上熱庫20於工作溫度 1145°C ，而使通入 GeH_4 子反應室中的上熱庫20於工作溫度 850°C ，使得前驅物均可充分熱裂解，分別轉化成薄膜製備所需的活性分子或原子，如 SiH_x 及 GeH_x ($x=0-2$)，以減少前驅物因自身支鏈裂解不全，產生的雜質及結構缺陷。

【0031】 不似習知CVD薄膜製備系統，其僅具有單一熱庫溫度之設定，不僅要滿足薄膜基板溫度之需求，同時又必須考量各個前驅物之裂解溫度的要求，不得不在折衷的溫度環境下製備薄膜。是以本發明之化學氣相沈積裝置的各子反應處理室之上熱庫可以配合各類前驅物熱裂解需求，設定不同的工作溫度；下熱庫亦可配合薄膜結構及表面反應溫度之需求，設定基板溫度。因各個前驅物皆可分解成適宜的活性分子或原子，通常又可在更低的基板溫度環境下製備薄膜。故本發明之化學氣相沈積裝置具有各自熱裂解前驅物及低溫製備薄膜的基本特色。

【0032】 在本發明之另一實施例中，以MOCVD成長AlGaIn薄膜製備為例，此薄膜通常作為GaIn系列光電及電子元件之高能隙薄膜層或阻障層。製備AlGaIn薄膜的前驅物通常是Ga(CH₃)₃、Al(CH₃)₃以及NH₃。在200mbar成長壓力下，當前驅物Al(CH₃)₃與NH₃同時通入反應腔時，互為路易士酸鹼對之兩者易於氣相中聚合，形成加合物Al(CH₃)₃:NH₃，裂解成Al(CH₃)₂:NH₂，最後在旋轉的基座表面進行磊晶化學反應，完成AlGaIn化合物中AlIn部份之薄膜沈積。然而，除了AlIn薄膜沈積反應外，Al(CH₃)₂:NH₂另有其他聚合反應途徑，即薄膜製備所稱之副反應物途徑，會產生[DMAI-NH₂]₂以及三聚物[DMAI-NH₂]₃等奈米顆粒，可能造成前驅物產生無謂的耗損、製程參數控制的不確定性以及薄膜品質降低等問題。

【0033】 而本發明之化學氣相沈積裝置可配合AlGaIn薄膜製備之需求，將Al(CH₃)₃與NH₃個別通入不同的子反應室，避免在接觸基座表面前彼此間之碰撞，因而得以避免前述副反應之產生，特別是在高壓或高溫的製備條件下。藉此，可有效地降低薄膜製程副反應，提昇前驅物之使用效率。

【0034】 除此之外，本發明之化學氣相沈積裝置亦可利用上熱庫之多個上熱庫單元之設計改變子反應室內徑向的溫度分佈，在製備AlGaIn薄膜時，更進一步在TMAI子反應室SS將進氣口端之上熱庫單元21的溫度設定大於350℃，其餘的上熱庫單元22、23均維持在關閉狀態。使得TMAI於進入子反應室SS時藉由上熱庫單元21預先裂解成DMAI或Al原子，阻斷加合物TMAI:NH₃生成途徑，以避免[DMAI-NH₂]₂以及三聚物[DMAI-NH₂]₃等奈米顆粒之產生。同時，基板上方的磊晶區溫場因上熱庫單元22、23維持在關閉的狀態以維持在較低溫的狀態，藉此減少前驅物間因高溫增加分子間碰撞所造成之副反應。是以本發明之化學氣相沈積裝置之三維溫度的設計具改變前驅物裂解及沈積之化學反應途徑之能力。

【0035】 此外，隨著半導體元件製程持續的微縮(<10nm)以及3D立體結構的演化，薄膜製程之均覆性(conformality)與均勻性(uniformity)益顯重要。為達上

述之薄膜需求，產業界已大量採用原子層氣相沈積技術(ALD)製備奈米層級之薄膜。以16nm 矽鍺-鰭狀場效電晶體(SiGe-base FinFETs)元件的絕緣層 Al_2O_3 薄膜製程為例，在滿足元件性能之要求下，該絕緣層必須符合低漏電流和高電阻值之薄膜特性。惟為避免熱效應破壞下方薄膜之電性，ALD製備的 Al_2O_3 薄膜常被要求在 300°C 左右的基板溫度製備，連前驅物 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 第一支鏈之初始裂解溫度 350°C 都未超過，當然距離最後一個 CH_3 支鏈之裂解溫度 530°C 亦有相當差距。在 300°C 基板溫度下，大部分的前驅物尚未裂解，未裂解支鏈所攜帶的C、H等雜質常伴隨著陰、陽離子之融入進入薄膜，在此環境下ALD所製備 Al_2O_3 薄膜內的碳含量約為0.5%。如此高的碳含量可能導致 Al_2O_3 絕緣層產生不可忽視的漏電流，嚴重影響元件性能的表現。

【0036】 本發明之化學氣相沈積裝置可配合ALD技術製備 Al_2O_3 薄膜之需求，將 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 、 H_2O 和 N_2 前驅物和載流氣體個別通入不同的子反應室。並分別設定 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 子反應室和 H_2O 子反應室之上熱庫於適當的高溫，針對通入的前驅物個別提供其所需要的裂解溫度。當 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 子反應處理室之上熱庫加溫至 530°C 以上，如 650°C ， $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 將於氣相中預先裂解成活性Al原子，除了有效減少空間位阻效應，亦有助於「自我限制成長機制」外，因 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 近乎完全裂解成Al原子，應可有效降低C雜質的融入，進一步提升薄膜的物理性質。

【0037】 承上所述，本發明之化學氣相沈積裝置具有可獨立調控溫度的複數個子反應室，可同時將不同熱裂解溫度的前驅物通入不同的子反應室中，以使各個前驅物在各自最適當的溫度下進行熱裂解反應，可改善習知的反應腔在高溫及高壓操作下常見的副反應現象，進而節省前驅物質的材料成本且提升薄膜的均勻性。另外一方面，本發明之化學氣相沈積裝置的每一子反應室具有多個可獨立調整溫度的上熱庫單元，可使子反應室沿著其徑向方向或垂直方向具有一三維溫度變化，其可增加前驅物質的裂解效率，進而提升薄膜品質。

【0038】 以上所述之實施例僅是為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【符號說明】

10	進氣裝置
20	上熱庫
21、22、23	上熱庫單元
30	下熱庫
31	承載盤
32	基板
40、41	隔板
50	排氣裝置
60	外腔體
100、200	化學氣相沈積裝置
SS	子反應室
L1、L2	中心軸線

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種化學氣相沈積裝置，其包括：

一下熱庫，其上設置有複數個承載盤，每一該複數個承載盤上具有複數個基板以用於沈積薄膜；

一上熱庫，其以一間距設置於該下熱庫上以形成一反應腔，該上熱庫包含複數個上熱庫單元；

複數個隔板，其設置於該下熱庫及該上熱庫間以將該反應腔分隔為複數個子反應室；以及

一進氣裝置，其是對應於該複數個子反應室而設置以提供至少一前驅物質進入該複數個子反應室中；

其中，該下熱庫提供薄膜成長所需的一基板溫度，而每一該複數個上熱庫單元提供一工作溫度，以使子反應室具有一溫度梯度變化。

【第2項】 如請求項1所述之化學氣相沈積裝置，其中該下熱庫沿著其中心軸線旋轉，且該複數個承載盤沿著其中心軸線旋轉。

【第3項】 如請求項1所述之化學氣相沈積裝置，其中該上熱庫及該下熱庫為圓形，該複數個隔板所分隔之複數個子反應室為扇形。

【第4項】 如請求項3所述之化學氣相沈積裝置，每一該複數個子反應室沿著其徑向方向或垂直方向具有一三維溫度變化。

【第5項】 如請求項3所述之化學氣相沈積裝置，該複數個隔板之兩兩相鄰者之間的角度為10度~180度。

【第6項】 如請求項1所述之化學氣相沈積裝置，更包含一排氣裝置以將一廢氣排出該複數個子反應室。

【第7項】如請求項6所述之化學氣相沈積裝置，其中該進氣裝置是設置於該化學氣相沈積裝置之中心，該排氣裝置是設置於該化學氣相沈積裝置之外側。

【第8項】如請求項6所述之化學氣相沈積裝置，其中該進氣裝置是設置於該化學氣相沈積裝置之外側，該排氣裝置是設置於該化學氣相沈積裝置之中心。

【第9項】如請求項1所述之化學氣相沈積裝置，該上熱庫及該下熱庫包含一接觸式加熱裝置或一非接觸式加熱裝置。

【第10項】如請求項9所述之化學氣相沈積裝置，該接觸式加熱裝置包含熱阻絲加熱裝置或陶瓷加熱裝置。

【第11項】如請求項9所述之化學氣相沈積裝置，該非接觸式加熱裝置包含高週電磁波感應加熱裝置、電磁波輻射紫外線加熱裝置、可見光燈管、或遠紅外線燈管。

【第12項】如請求項1所述之化學氣相沈積裝置，其中該上熱庫及該下熱庫各包含至少一冷卻裝置。

【第13項】如請求項1所述之化學氣相沈積裝置，其中該複數個隔板為實心結構或中空結構。

【第14項】如請求項13所述之化學氣相沈積裝置，其中該複數個隔板為該中空結構時，該中空結構中係通入冷卻流體以用於調整溫度。

【發明圖式】

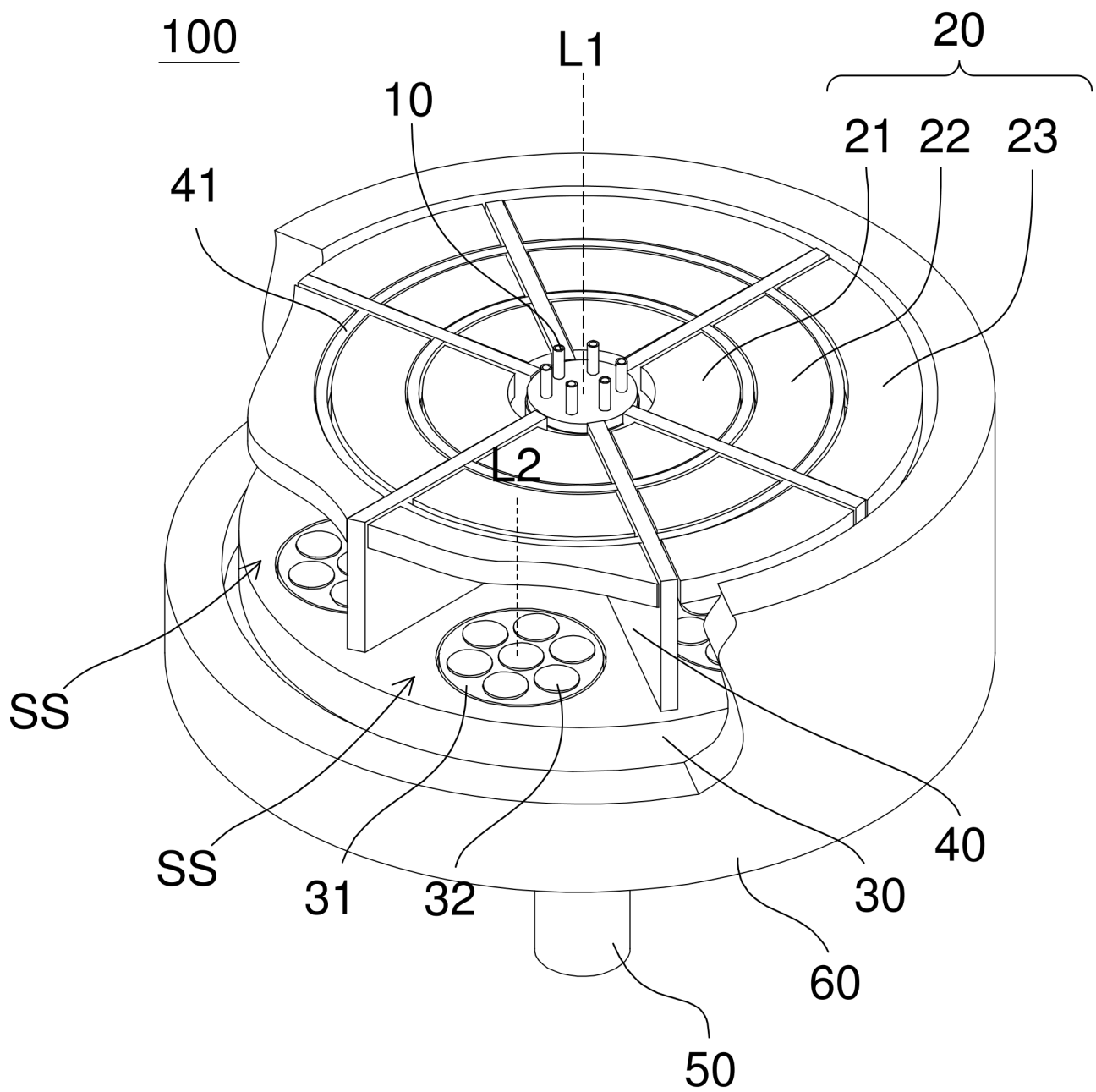


圖 1

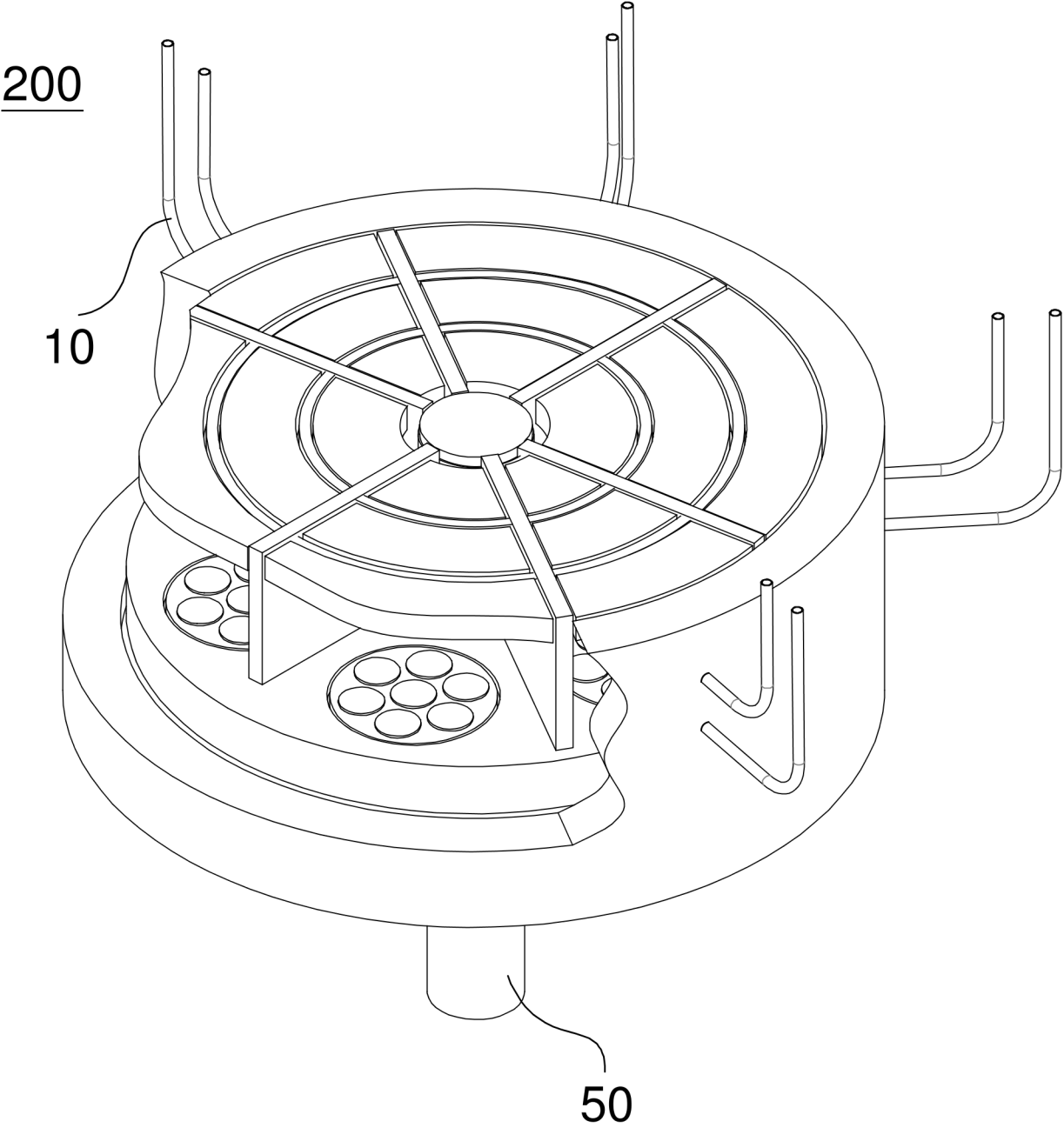


圖 2