

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6153401号  
(P6153401)

(45) 発行日 平成29年6月28日 (2017. 6. 28)

(24) 登録日 平成29年6月9日 (2017. 6. 9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/205 (2006. 01)

H O 1 L 21/205

H O 1 L 21/31 (2006. 01)

H O 1 L 21/31

B

C 2 3 C 16/44 (2006. 01)

C 2 3 C 16/44

J

請求項の数 3 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-139086 (P2013-139086)  
 (22) 出願日 平成25年7月2日 (2013. 7. 2)  
 (65) 公開番号 特開2015-12274 (P2015-12274A)  
 (43) 公開日 平成27年1月19日 (2015. 1. 19)  
 審査請求日 平成28年6月1日 (2016. 6. 1)

(73) 特許権者 504162958  
 株式会社ニューフレアテクノロジー  
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1  
 (74) 代理人 100119035  
 弁理士 池上 徹真  
 (74) 代理人 100141036  
 弁理士 須藤 章  
 (74) 代理人 100088487  
 弁理士 松山 允之  
 (72) 発明者 山田 拓未  
 静岡県沼津市大岡2068番地の3 株式  
 会社ニューフレアテクノロジー内  
 (72) 発明者 佐藤 裕輔  
 静岡県沼津市大岡2068番地の3 株式  
 会社ニューフレアテクノロジー内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気相成長装置および気相成長方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

窒化物の成膜を行う反応室と、  
 ハロゲン系ガスを供給する第1のガス供給路と、  
 アンモニアガスを供給する第2のガス供給路と、  
 前記反応室の上部に配置され、内部で前記反応室に至るまで、前記第1のガス供給路からハロゲン系ガスが供給されるガス流路と、前記第2のガス供給路からアンモニアガスが供給されるガス流路が分離され、前記反応室内にガスを供給するシャワープレートと、  
 前記反応室内の前記シャワープレート下方に設けられ、基板を載置可能な支持部と、  
 第3のガス供給路と、  
 を備え、

前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路のいずれか一方に、水素ガスまたは不活性ガスが供給され、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路の他方に、有機金属を含むガスが供給され、

前記シャワープレートが、第1の水平面内に配置され互いに平行に延伸する複数の第1の横方向ガス流路と、前記第1の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第1のガス噴出孔を有する複数の第1の縦方向ガス流路と、第2の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第2の横方向ガス流路と、前記第2の横方向ガス流路に接続され前記反応室側に第2のガス噴出孔を有する複数の第2の縦方向ガス流路と、第3の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同

10

20

一方向に互いに平行に延伸する複数の第3の横方向ガス流路と、前記第3の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第3のガス噴出孔を有する複数の第3の縦方向ガス流路を有し、

前記第1のガス供給路が前記第1の横方向ガス流路に接続され、

前記第2のガス供給路が前記第2の横方向ガス流路に接続され、

前記第3のガス供給路が前記第3の横方向ガス流路に接続され、

前記ハロゲン系ガスが、塩素を含むクリーニングガスであることを特徴とする気相成長装置。

【請求項2】

前記第2および第3の水平面が前記第1の水平面より上方に位置し、

前記第2および第3の縦方向ガス流路が前記第1の横方向ガス流路の間を~~通~~って縦方向に延伸することを特徴とする請求項1記載の気相成長装置。

【請求項3】

窒化物の成膜を行う反応室と、

ハロゲン系ガスを供給する第1のガス供給路と、

アンモニアガスを供給する第2のガス供給路と、

前記反応室の上部に配置され、内部で前記反応室に至るまで、前記第1のガス供給路からハロゲン系ガスが供給されるガス流路と、前記第2のガス供給路からアンモニアガスが供給されるガス流路が分離され、前記反応室内にガスを供給するシャワープレートと、

前記反応室内の前記シャワープレート下方に設けられ、基板を載置可能な支持部と、

第3のガス供給路と、

を有し、

前記シャワープレートが、第1の水平面内に配置され互いに平行に延伸する複数の第1の横方向ガス流路と、前記第1の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第1のガス噴出孔を有する複数の第1の縦方向ガス流路と、第2の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第2の横方向ガス流路と、前記第2の横方向ガス流路に接続され前記反応室側に第2のガス噴出孔を有する複数の第2の縦方向ガス流路と、第3の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第3の横方向ガス流路と、前記第3の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第3のガス噴出孔を有する複数の第3の縦方向ガス流路を有し、

前記第1のガス供給路が前記第1の横方向ガス流路に接続され、

前記第2のガス供給路が前記第2の横方向ガス流路に接続され、

前記第3のガス供給路が前記第3の横方向ガス流路に接続されている気相成長装置を用い、

基板を前記反応室に搬入し、

有機金属を含むガスと、前記第2のガス供給路から供給されるアンモニアガスを、前記シャワープレートを介して前記反応室に供給し、基板上に窒化物半導体膜を成膜し、

前記窒化物半導体膜を成膜する際に、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路のいずれか一方に、水素または不活性ガスを流して前記第1または第3のガス噴出孔から噴出し、前記第2のガス供給路にアンモニアを流して前記第2のガス噴出孔から噴出し、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路の他方に、有機金属を含むガスを流して前記第1または第3のガス噴出孔から噴出し、

前記基板を前記反応室から搬出し、

前記第1のガス供給路から供給されるハロゲン系ガスを、前記シャワープレートを介して前記反応室に供給し、前記反応室をクリーニングし、

前記反応室をクリーニングする際に、前記第1のガス供給路から供給されるハロゲン系ガスを、前記第1のガス噴出孔から噴出し、

前記ハロゲン系ガスが、塩素を含むことを特徴とする気相成長方法。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ガスを供給して成膜を行う気相成長装置および気相成長方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

高品質な半導体膜を成膜する方法として、ウェハ等の基板に気相成長により単結晶膜を成長させるエピタキシャル成長技術がある。エピタキシャル成長技術を用いる気相成長装置では、常圧または減圧に保持された反応室内の支持部にウェハを載置する。そして、このウェハを加熱しながら、成膜の原料となるソースガス等のプロセスガスを、反応室上部の、例えば、シャワープレートからウェハ表面に供給する。ウェハ表面ではソースガスの熱反応等が生じ、ウェハ表面にエピタキシャル単結晶膜が成膜される。

10

## 【0003】

近年、発光デバイスやパワーデバイスの材料として、GaN（窒化ガリウム）系の半導体デバイスが注目されている。GaN系の半導体を成膜するエピタキシャル成長技術として、有機金属気相成長法（MOCVD法）がある。有機金属気相成長法では、ソースガスとして、例えば、トリメチルガリウム（TMG）、トリメチルインジウム（TMI）、トリメチルアルミニウム（TMA）等の有機金属を含むガスや、アンモニアガス（NH<sub>3</sub>）等が用いられる。また、ソースガス間の反応を抑制するために分離ガスとして水素ガス（H<sub>2</sub>）等が用いられる場合もある。

20

## 【0004】

エピタキシャル成長技術を用いる気相成長装置では、成膜の後に反応室内のクリーニングが行われる。クリーニングには、例えば、フッ化水素ガス、三フッ化塩素ガス、フッ素ガス、塩化水素ガスや塩素ガスなどハロゲン系ガスが用いられる。例えば、MOCVD法の場合、窒素のソースガスであるアンモニアガスを供給する流路に、ハロゲン含むクリーニングガスを流すと残留するアンモニアとハロゲンが反応することで、粉状のハロゲン化アンモニウムが生じパーティクルの原因となる。

## 【0005】

特許文献1には、ソースガスとクリーニングガスの流路を備える気相成長装置が開示されている。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2003-27240号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

本発明は、プロセスガスとハロゲン系ガスの反応生成物の発生を抑制し、パーティクルを低減する気相成長装置および気相成長方法を提供することを目的とするものである。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明の一態様の気相成長装置は、窒化物の成膜を行う反応室と、ハロゲン系ガスを供給する第1のガス供給路と、アンモニアガスを供給する第2のガス供給路と、前記反応室の上部に配置され、内部で前記反応室に至るまで、前記第1のガス供給路からハロゲン系ガスが供給されるガス流路と、前記第2のガス供給路からアンモニアガスが供給されるガス流路が分離され、前記反応室内にガスを供給するシャワープレートと、前記反応室内の前記シャワープレート下方に設けられ、基板を載置可能な支持部と、第3のガス供給路と、を備え、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路のいずれか一方に、水素ガスまたは不活性ガスが供給され、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路の他方に、有

50

機金属を含むガスが供給され、前記シャワープレートが、第1の水平面内に配置され互いに平行に延伸する複数の第1の横方向ガス流路と、前記第1の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第1のガス噴出孔を有する複数の第1の縦方向ガス流路と、第2の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第2の横方向ガス流路と、前記第2の横方向ガス流路に接続され前記反応室側に第2のガス噴出孔を有する複数の第2の縦方向ガス流路と、第3の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第3の横方向ガス流路と、前記第3の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第3のガス噴出孔を有する複数の第3の縦方向ガス流路を有し、前記第1のガス供給路が前記第1の横方向ガス流路に接続され、前記第2のガス供給路が前記第2の横方向ガス流路に接続され、前記第3のガス供給路が前記第3の横方向ガス流路に接続され、前記ハロゲン系ガスが、塩素を含むクリーニングガスであることを特徴とする。

10

#### 【0010】

上記態様の気相成長装置において、前記第2および第3の水平面が前記第1の水平面より上方に位置し、前記第2および第3の縦方向ガス流路が前記第1の横方向ガス流路の間を通過して縦方向に延伸することが望ましい。

#### 【0011】

本発明の一態様の気相成長方法は、窒化物の成膜を行う反応室と、ハロゲン系ガスを供給する第1のガス供給路と、アンモニアガスを供給する第2のガス供給路と、前記反応室の上部に配置され、内部で前記反応室に至るまで、前記第1のガス供給路からハロゲン系ガスが供給されるガス流路と、前記第2のガス供給路からアンモニアガスが供給されるガス流路が分離され、前記反応室内にガスを供給するシャワープレートと、前記反応室内の前記シャワープレート下方に設けられ、基板を載置可能な支持部と、第3のガス供給路と、を有し、前記シャワープレートが、第1の水平面内に配置され互いに平行に延伸する複数の第1の横方向ガス流路と、前記第1の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第1のガス噴出孔を有する複数の第1の縦方向ガス流路と、第2の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第2の横方向ガス流路と、前記第2の横方向ガス流路に接続され前記反応室側に第2のガス噴出孔を有する複数の第2の縦方向ガス流路と、第3の水平面内に配置され前記第1の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第3の横方向ガス流路と、前記第3の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し前記反応室側に第3のガス噴出孔を有する複数の第3の縦方向ガス流路を有し、前記第1のガス供給路が前記第1の横方向ガス流路に接続され、前記第2のガス供給路が前記第2の横方向ガス流路に接続され、前記第3のガス供給路が前記第3の横方向ガス流路に接続されている気相成長装置を用い、基板を前記反応室に搬入し、有機金属を含むガスと、前記第2のガス供給路から供給されるアンモニアガスを、前記シャワープレートを介して前記反応室に供給し、基板上に窒化物半導体膜を成膜し、前記窒化物半導体膜を成膜する際に、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路のいずれか一方に、水素または不活性ガスを流して前記第1または第3のガス噴出孔から噴出し、前記第2のガス供給路にアンモニアを流して前記第2のガス噴出孔から噴出し、前記第1のガス供給路と前記第3のガス供給路の他方に、有機金属を含むガスを流して前記第1または第3のガス噴出孔から噴出し、前記基板を前記反応室から搬出し、前記第1のガス供給路から供給されるハロゲン系ガスを、前記シャワープレートを介して前記反応室に供給し、前記反応室をクリーニングし、前記反応室をクリーニングする際に、前記第1のガス供給路から供給されるハロゲン系ガスを、前記第1のガス噴出孔から噴出し、前記ハロゲン系ガスが、塩素を含むことを特徴とする。

20

30

40

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明によれば、プロセスガスとハロゲン系ガスの反応生成物の発生を抑制し、パーテ

50

イクルを低減する気相成長装置および気相成長方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】第 1 の実施の形態の気相成長装置の模式断面図である。

【図 2】第 1 の実施の形態のシャワープレートの模式上面図である。

【図 3】図 2 のシャワープレートの A A 断面図である。

【図 4】図 2 のシャワープレートの B B、C C、D D 断面図である。

【図 5】第 2 の実施の形態の気相成長装置の模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 1 6 】

なお、本明細書中では、気相成長装置が成膜可能に設置された状態での重力方向を「下」と定義し、その逆方向を「上」と定義する。したがって、「下部」とは、基準に対し重力方向の位置、「下方」とは基準に対し重力方向を意味する。そして、「上部」とは、基準に対し重力方向と逆方向の位置、「上方」とは基準に対し重力方向と逆方向を意味する。また、「縦方向」とは重力方向である。

【 0 0 1 7 】

また、本明細書中、「水平面」とは、重力方向に対し、垂直な面を意味するものとする。

【 0 0 1 8 】

また、本明細書中、「プロセスガス」とは、基板上への成膜のために用いられるガスの総称であり、例えば、ソースガス、キャリアガス、分離ガス等を含む概念とする。

【 0 0 1 9 】

(第 1 の実施の形態)

本実施の形態の気相成長装置は、窒化物の成膜を行う反応室と、ハロゲン系ガスを供給する第 1 のガス供給路と、アンモニアガスを供給する第 2 のガス供給路と、反応室の上部に配置され、内部で反応室に至るまで、第 1 のガス供給路からハロゲン系ガスが供給されるガス流路と、第 2 のガス供給路からアンモニアガスが供給されるガス流路が分離され、反応室内にガスを供給するシャワープレートと、反応室内のシャワープレート下方に設けられ、基板を載置可能な支持部と、を備える。

【 0 0 2 0 】

特に、本実施の形態の気相成長装置は、反応室と、反応室の上部に配置され、反応室内にガスを供給するシャワープレートと、反応室内のシャワープレート下方に設けられ、基板を載置可能な支持部と、水素または不活性ガスの分離ガスを供給する第 1 のガス供給路と、アンモニアを供給する第 2 のガス供給路と、有機金属を含むガスを供給する第 3 のガス供給路と、を備える。そして、シャワープレートが、第 1 の水平面内に配置され互いに平行に延伸する複数の第 1 の横方向ガス流路と、第 1 の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し反応室側に第 1 のガス噴出孔を有する複数の第 1 の縦方向ガス流路を備える。また、第 2 の水平面内に配置され第 1 の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第 2 の横方向ガス流路と、第 2 の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し反応室側に第 2 のガス噴出孔を有する複数の第 2 の縦方向ガス流路を備える。そして、第 3 の水平面内に配置され第 1 の横方向ガス流路と同一方向に互いに平行に延伸する複数の第 3 の横方向ガス流路と、第 3 の横方向ガス流路に接続され縦方向に延伸し反応室側に第 3 のガス噴出孔を有する複数の第 3 の縦方向ガス流路を備える。ここで、第 1 のガス供給路が第 1 の横方向ガス流路に接続され、第 2 のガス供給路が第 2 の横方向ガス流路に接続され、第 3 のガス供給路が第 3 の横方向ガス流路に接続される。さらに、第 1 のガス供給路または第 3 のガス供給路にハロゲン系ガスを供給する。いいかえれば、第 2 のガス供給路以外のガス供給路にハロゲン系ガスを供給する。

【 0 0 2 1 】

アンモニアガスやハロゲン系ガスは、配管内に吸着しやすいため、同一配管に、アンモニアガスを流した後に、パージガスを流し、その後にハロゲン化ガスを流しても、配管内に吸着したアンモニアガスとハロゲン化ガスの反応が生じてしまう。本実施の形態の気相成長装置は、上記構成を備えることにより、アンモニア ( $\text{NH}_3$ ) ガスとハロゲン系ガスを異なるガス流路で反応室に供給する。したがって、ガス流路内でアンモニアとハロゲンが反応することにより生じる粉状の反応生成物が、パーティクルとなって反応室内に導入されることを抑止する。よって、膜質に優れた半導体膜を成膜することが可能となる。

【0022】

以下、MOCVD法（有機金属気相成長法）を用いてGaN（窒化ガリウム）をエピタキシャル成長させる場合を例に説明する。

10

【0023】

図1は、本実施の形態の気相成長装置の模式断面図である。本実施の形態の気相成長装置は、枚葉型のエピタキシャル成長装置である。

【0024】

図1に示すように、本実施の形態のエピタキシャル成長装置は、例えばステンレス製で円筒状中空体の反応室10を備えている。そして、この反応室10上部に配置され、反応室10内に、プロセスガスを供給するシャワープレート100を備えている。

【0025】

また、反応室10内のシャワープレート100下方に設けられ、半導体ウェハ（基板）Wを載置可能な支持部12を備えている。支持部12は、例えば、中心部に開口部が設けられる環状ホルダー、または、半導体ウェハW裏面のほぼ全面に接する構造のサセプタである。

20

【0026】

また、支持部12をその上面に配置し回転する回転体ユニット14、支持部12に載置されたウェハWを加熱する加熱部16としてヒーターを、支持部12下方に備えている。ここで、回転体ユニット14は、その回転軸18が、下方に位置する回転駆動機構20に接続される。そして、回転駆動機構20により、半導体ウェハWをその中心を回転中心として、例えば、数十rpm～数千rpmで回転させることが可能となっている。

【0027】

円筒状の回転体ユニット14の径は、支持部12の外周径とほぼ同じにしてあることが望ましい。なお、回転軸18は、反応室10の底部に真空シール部材を介して回転自在に設けられている。

30

【0028】

そして、加熱部16は、回転軸18の内部に貫通する支持軸22に固定される支持台24上に固定して設けられる。加熱部16には、図示しない電流導入端子と電極により、電力が供給される。この支持台24には半導体ウェハWを支持部12から脱着させるための、例えば突き上げピン（図示せず）が設けられている。

【0029】

さらに、半導体ウェハW表面等でソースガスが反応した後の反応生成物および反応室10の残留ガスを反応室10外部に排出するガス排出部26を、反応室10底部に備える。なお、ガス排出部26は真空ポンプ（図示せず）に接続してある。

40

【0030】

そして、本実施の形態のエピタキシャル成長装置は、水素ガスまたは不活性ガスの分離ガス（第1のプロセスガス）を供給する第1のガス供給路31、アンモニアガス（第2のプロセスガス）を供給する第2のガス供給路32、有機金属を含むガス（第3のプロセスガス）を供給する第3のガス供給路33を備えている。さらに、第1のガス供給路31はハロゲン系ガスを供給することが可能となっている。

【0031】

第1のガス供給路31は、第1のガス供給源（A）51aと第1のガス供給源（B）5

50

1 b とに接続される。第 1 のガス供給源 ( A ) 5 1 a は、分離ガスとして、水素ガス (  $H_2$  ) または不活性ガスの供給源となる。

【 0 0 3 2 】

ここで、分離ガス ( 第 1 のプロセスガス ) とは、第 1 のガス噴出孔 1 1 1 から噴出させることで、第 2 のガス噴出孔 1 1 2 から噴出するアンモニアガス ( 第 2 のプロセスガス ) と、第 3 のガス噴出孔 1 1 3 から噴出する有機金属を含むガス ( 第 3 のプロセスガス ) とを分離するガスである。このような分離ガスとしてはアンモニアガスおよび有機金属を含むガスと反応性に乏しい水素ガスまたは不活性ガスを用いる。不活性ガスは例えば、ヘリウムガス (  $He$  )、窒素ガス (  $N_2$  )、アルゴンガス (  $Ar$  ) 等である。

【 0 0 3 3 】

また、第 1 のガス供給源 ( B ) 5 1 b は、クリーニングガスの供給源となる。クリーニングガスは、成膜後に反応室や反応室内の部材に残存するプロセスガスやその由来物を、除去するガスである。クリーニングガスとしては、ハロゲン元素を含むハロゲン系ガスを用いる。ハロゲン系ガスは、例えば、塩酸ガス (  $HCl$  )、塩素ガス (  $Cl_2$  )、フッ素ガス (  $F_2$  )、フッ化水素ガス (  $HF$  ) 等である。ハロゲン系ガスは、水素ガスまたは不活性ガスとともに供給されてもかまわない。

【 0 0 3 4 】

第 1 のガス供給路 3 1 には、シャワープレート 1 0 0 と、第 1 のガス供給源 ( A ) 5 1 a および第 1 のガス供給源 ( B ) 5 1 b との間に、流路切替バルブ 6 1 が設けられる。流路切替バルブ 6 1 により、反応室 1 0 に供給するガスを分離ガスとクリーニングガスとの間で切り替えることができる。

【 0 0 3 5 】

第 2 のガス供給路 3 2 は、第 2 のガス供給源 5 2 に接続される。第 2 のガス供給源 5 2 は、窒化物半導体膜のソースガスとなるアンモニアガス (  $NH_3$  ) の供給源となる。アンモニアガスは、水素ガスまたは不活性ガスとともに供給されてもかまわない。

【 0 0 3 6 】

第 3 のガス供給路 3 3 は、第 3 のガス供給源 5 3 に接続される。第 3 のガス供給源 5 3 は、窒化物半導体膜のソースガスとなる有機金属を含むガス、例えば有機金属が水素で希釈されたガスの供給源となる。

【 0 0 3 7 】

第 1 のガス供給源 ( A ) 5 1 a、第 1 のガス供給源 ( B ) 5 1 b、第 2 のガス供給源 5 2、第 3 のガス供給源 5 3 は、例えば、それぞれのガスを供給可能なガスラインであっても良いし、ガスボンベであってもかまわない。また、有機金属を含むガスを供給する第 3 のガス供給源 5 3 は、水素や窒素等のキャリアガスのガスラインまたはガスボンベと、この希釈ガスにより液体の有機金属をバブリングするバブリング機構との組み合わせであってもかまわない。

【 0 0 3 8 】

例えば、MOCVD 法により、 $GaN$  の単結晶膜を半導体ウェハ W に成膜する場合、例えば、第 1 のプロセスガスとして、水素 (  $H_2$  ) を分離ガスとして供給する。また、第 2 のプロセスガスとして窒素 (  $N$  ) のソースガスとなるアンモニア (  $NH_3$  ) を供給する。また、例えば、第 3 のプロセスガスとして  $Ga$  ( ガリウム ) のソースガスであるトリメチルガリウム (  $TMG$  ) をキャリアガスである水素ガス (  $H_2$  ) で希釈したガスを供給する。

【 0 0 3 9 】

図 1 では、第 1 のガス供給路 3 1 にハロゲン系ガスを供給する構成を例示しているが、第 3 のガス供給路 3 3 にハロゲン系ガスを供給する構成とすることも可能である。

【 0 0 4 0 】

なお、図 1 に示した枚葉型エピタキシャル成長装置では、反応室 1 0 の側壁箇所において、半導体ウェハを出し入れするための図示しないウェハ出入口およびゲートバルブが設

10

20

30

40

50

けられている。そして、このゲートバルブで連結する例えばロードロック室（図示せず）と反応室１０との間において、ハンドリングアームにより半導体ウェハＷを搬送できるように構成される。ここで、例えば合成石英で形成されるハンドリングアームは、シャワープレート１００とウェハ支持部１２とのスペースに挿入可能となっている。

#### 【００４１】

以下、本実施の形態のシャワープレート１００について詳細に説明する。図２は、本実施の形態のシャワープレートの模式上面図である。シャワープレート内の流路等の構造を破線で示す。図３は、図２のＡＡ断面図、図４（ａ）～（ｃ）は、それぞれ、図２のＢＢ断面図、ＣＣ断面図、ＤＤ断面図である。

#### 【００４２】

シャワープレート１００は、例えば、所定の厚さの板状の形状である。シャワープレート１００は、例えば、ステンレス鋼やアルミニウム合金等の金属材料で形成される。

#### 【００４３】

シャワープレート１００の内部には、複数の第１の横方向ガス流路１０１、複数の第２の横方向ガス流路１０２、複数の第３の横方向ガス流路１０３が形成されている。複数の第１の横方向ガス流路１０１は、第１の水平面（Ｐ１）内に配置され互いに平行に延伸する。複数の第２の横方向ガス流路１０２は、第１の水平面より上方の第２の水平面（Ｐ２）内に配置され互いに平行に延伸する。複数の第３の横方向ガス流路１０３は、第１の水平面より上方、第２の水平面より下方の第３の水平面（Ｐ３）内に配置され互いに平行に延伸する。水平面の上下関係はこの通りで無くてもかまわない。また、同じ面にあっても

#### 【００４４】

そして、第１の横方向ガス流路１０１に接続され縦方向に延伸し、反応室１０側に第１のガス噴出孔１１１を有する複数の第１の縦方向ガス流路１２１を備える。また、第２の横方向ガス流路１０２に接続され縦方向に延伸し、反応室１０側に第２のガス噴出孔１１２を有する複数の第２の縦方向ガス流路１２２を備える。第２の縦方向ガス流路１２２は、第１の横方向ガス流路１０１の間を通っている。さらに、第３の横方向ガス流路１０３に接続され縦方向に延伸し、反応室１０側に第３のガス噴出孔１１３を有する複数の第３の縦方向ガス流路１２３を備える。第３の縦方向ガス流路１２３は、第１の横方向ガス流路１０１の間を通っている。

#### 【００４５】

第１の横方向ガス流路１０１、第２の横方向ガス流路１０２、第３の横方向ガス流路１０３は、板状のシャワープレート１００内に水平方向に形成された横孔である。また、第１の縦方向ガス流路１２１、第２の縦方向ガス流路１２２、第３の縦方向ガス流路１２３は、板状のシャワープレート１００内に鉛直方向（縦方向または垂直方向）に形成された縦孔である。

#### 【００４６】

第１、第２、および第３の横方向ガス流路１０１、１０２、１０３の内径は、それぞれ対応する第１、第２、および第３の縦方向ガス流路１２１、１２２、１２３の内径よりも大きくなっている。図３、４（ａ）～（ｃ）では、第１、第２、および第３の横方向ガス流路１０１、１０２、１０３、第１、第２、および第３の縦方向ガス流路１２１、１２２、１２３の断面形状は円形となっているが、円形に限らず、楕円形、矩形、多角形等その他の形状であってもかまわない。

#### 【００４７】

シャワープレート１００は、第１のガス供給路３１に接続され、第１の水平面（Ｐ１）より上方に設けられる第１のマニフォールド１３１と、第１のマニフォールド１３１と第１の横方向ガス流路１０１とを第１の横方向ガス流路１０１の端部で接続し縦方向に延伸する第１の接続流路１４１を備えている。

#### 【００４８】

第１のマニフォールド１３１は、第１のガス供給路３１から供給される第１のプロセス

10

20

30

40

50



ガスを、第１の接続流路１４１を介して複数の第１の横方向ガス流路１０１に分配する機能を備える。分配された第１のプロセスガスは、複数の第１の縦方向ガス流路１２１の第１のガス噴出孔１１１から反応室１０に導入される。

【００４９】

第１のマニフォールド１３１は、第１の横方向ガス流路１０１に直交する方向に延伸し、例えば、中空の直方体形状を備える。本実施の形態では、第１のマニフォールド１３１は、第１の横方向ガス流路１０１の両端部に設けられるが、いずれか一方の端部に設けられるものであってもかまわない。

【００５０】

また、シャワープレート１００は、第２のガス供給路３２に接続され、第１の水平面（ $P1$ ）より上方に設けられる第２のマニフォールド１３２と、第２のマニフォールド１３２と第２の横方向ガス流路１０２とを第２の横方向ガス流路１０２の端部で接続し縦方向に延伸する第２の接続流路１４２を備えている。

10

【００５１】

第２のマニフォールド１３２は、第２のガス供給路３２から供給される第２のプロセスガスを、第２の接続流路１４２を介して複数の第２の横方向ガス流路１０２に分配する機能を備える。分配された第２のプロセスガスは、複数の第２の縦方向ガス流路１２２の第２のガス噴出孔１１２から反応室１０に導入される。

【００５２】

第２のマニフォールド１３２は、第２の横方向ガス流路１０２に直交する方向に延伸し、例えば、中空の直方体形状を備える。本実施の形態では、第２のマニフォールド１３２は、第２の横方向ガス流路１０２の両端部に設けられるが、いずれか一方の端部に設けられるものであってもかまわない。

20

【００５３】

さらに、シャワープレート１００は、第３のガス供給路３３に接続され、第１の水平面（ $P1$ ）より上方に設けられる第３のマニフォールド１３３と、第３のマニフォールド１３３と第３の横方向ガス流路１０３とを第３の横方向ガス流路１０３の端部で接続し垂直方向に延伸する第３の接続流路１４３を備えている。

【００５４】

第３のマニフォールド１３３は、第３のガス供給路３３から供給される第３のプロセスガスを、第３の接続流路１４３を介して複数の第３の横方向ガス流路１０３に分配する機能を備える。分配された第３のプロセスガスは、複数の第３の縦方向ガス流路１２３の第３のガス噴出孔１１３から反応室１０に導入される。

30

【００５５】

一般にシャワープレートにプロセスガスの供給口として設けられるガス噴出孔から、反応室１０内に噴出するプロセスガスの流量は、成膜の均一性を確保する観点から、各ガス噴出孔間で均一であることが望ましい。本実施の形態のシャワープレート１００によれば、プロセスガスを複数の横方向ガス流路に分配し、さらに、縦方向ガス流路に分配してガス噴出孔から噴出させる。この構成により、簡便な構造で各ガス噴出孔間から噴出するプロセスガス流量の均一性を向上させることが可能となる。

40

【００５６】

また、均一な成膜を行う観点から配置されるガス噴出孔の配置密度はできるだけ大きいことが望ましい。もっとも、本実施の形態のように、互いに平行な複数の横方向ガス流路を設ける構成では、ガス噴出孔の密度を大きくしようとすると、ガス噴出孔の配置密度と横方向ガス流路の内径との間にトレードオフが生じる。

【００５７】

このため、横方向ガス流路の内径が小さくなることで横方向ガス流路の流体抵抗が上昇し、横方向ガス流路の伸長方向について、ガス噴出孔から噴出するプロセスガス流量の流量分布が大きくなり、各ガス噴出孔間から噴出するプロセスガス流量の均一性が悪化する

50

おそれがある。

【 0 0 5 8 】

本実施形態の気相成長装置によれば、第 1 の横方向ガス流路 1 0 1、第 2 の横方向ガス流路 1 0 2 および第 3 の横方向ガス流路 1 0 3 を異なる水平面に設けた階層構造とする。この構造により、横方向ガス流路の内径拡大に対するマージンが向上する。したがって、ガス噴出孔の密度をあげつつ、横方向ガス流路の内径に起因する流量分布拡大を抑制する。よって、結果的に、反応室 1 0 内に噴出するプロセスガスの流量分布を均一化し、成膜の均一性を向上させることが可能となる。

【 0 0 5 9 】

さらに、上述のように、各プロセスガスの流路が反応室 1 0 に至るまで分離されている。そして、アンモニアガス ( $\text{NH}_3$ ) と、ハロゲン系ガスのクリーニングガスを異なるガス流路で反応室に供給する。したがって、ガス流路内でアンモニアとハロゲンが反応することにより生じる粉状の反応生成物が、パーティクルとなって反応室内に導入されることを抑止する。よって、膜質に優れた半導体膜を成膜することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

上述のように、MOCVD 法により、GaN の単結晶膜を半導体ウェハ W に成膜する場合、例えば、第 1 のプロセスガスとして、水素ガス ( $\text{H}_2$ ) を分離ガスとして供給する。また、第 2 のプロセスガスとして、窒素 ( $\text{N}$ ) のソースガスとなるアンモニアガス ( $\text{NH}_3$ ) を供給する。また、例えば、第 3 のプロセスガスとして、Ga (ガリウム) のソースガスとしてトリメチルガリウム (TMG) をキャリアガスである水素ガス ( $\text{H}_2$ ) で希釈したガスを供給する。

【 0 0 6 1 】

この場合、第 2 のプロセスガスであるアンモニアガス ( $\text{NH}_3$ ) は、第 1 のプロセスガスである水素ガス ( $\text{H}_2$ ) よりも、動粘度が小さい。

【 0 0 6 2 】

GaN の成膜時には、第 2 のプロセスガスであるアンモニアガス ( $\text{NH}_3$ ) は第 2 のガス噴出孔 1 1 2 から噴出され、第 1 のプロセスガスである水素ガス ( $\text{H}_2$ ) は隣接する第 1 のガス噴出孔 1 1 1 から噴出されることになる。この際、水素よりも動粘度の小さいアンモニアガスの噴出速度が、動粘度の大きい水素の噴出速度よりも速くなることでアンモニアガスの動圧が大きくなって、水素が引き寄せられることで乱流が生じ、プロセスガスの流れが悪化するおそれがある。

【 0 0 6 3 】

ここで、全圧 ( $P_0$ )、静圧 ( $P$ )、流体の速度 ( $v$ )、流体の密度 ( $\rho$ ) との間には以下の関係が成立する。

$$P + 0.5 \rho v^2 = P_0$$

ここで、 $0.5 \rho v^2$  が動圧である。流体の速度  $v$  が上がるほど動圧が大きくなり、静圧 ( $P$ ) が低下する、いわゆるベンチュリ効果が生ずる。例えば、アンモニアガスの流速が、分離ガスの水素ガスの流速より大きいと、アンモニアガスを噴出するガス噴出孔近傍の静圧が下がり、水素ガスが引き寄せられ乱流が生じやすくなる。

【 0 0 6 4 】

このため、例えば、動粘度が小さく流速が大きくなりやすいアンモニアガスが流れる第 2 の縦方向ガス流路 1 2 2 の内径を大きくし、かつ、間隔を狭めて数を増やすことが望ましい。これにより、動粘度の小さいアンモニアガスの噴出速度を低下させる。したがって、動粘度の大きい第 1 のプロセスガス、ここでは水素ガスの噴出速度との差が小さくなり乱流を抑制することが可能となる。

【 0 0 6 5 】

もっとも、第 2 の縦方向ガス流路 1 2 2 の内径を大きくし、かつ、間隔を狭めて数を増やすことにより、第 2 の縦方向ガス流路 1 2 2 の流体抵抗が低下する。このため、第 2 の横方向ガス流路 1 0 2 の伸長方向のガス流量分布が大きくなり、成膜の均一性が低下するおそれがある。

## 【0066】

そこで、第2の横方向ガス流路102を第1の横方向ガス流路101よりも上側に設けることで、第2の縦方向ガス流路122の長さを第1の縦方向ガス流路121の長さよりも長くし、相対的に流体抵抗が高くすることが望ましい。第2の縦方向ガス流路122の流体抵抗を高くすることにより、第2の横方向ガス流路102の伸長方向のガス流量分布を均一化することが可能となる。

## 【0067】

さらに、第2の横方向ガス流路102の内径が、第1の横方向ガス流路101の内径よりも大きくすることが望ましい。第2の横方向ガス流路102の内径を大きくすることにより、第2の横方向ガス流路102の流体抵抗を小さくすることで、第2の横方向ガス流路102の伸長方向のガス流量分布を均一化することが可能となる。

10

## 【0068】

横方向ガス流路を階層構造にする場合、最上部の横方向ガス流路が、最も内径拡大のマージンを大きくすることが可能となる。他の階層の縦方向ガス流路が間を通らないためである。

## 【0069】

以上のように、横方向ガス流路が3層以上の階層構造となる場合、本実施の形態のように、動粘度の小さいアンモニアガスが流れる横方向ガス流路を最上部に設けることが、ガス流量分布を均一化する観点から望ましい。

## 【0070】

このような気相成長装置を用いて、GaNをエピタキシャル成長させる場合を例に説明する。

20

## 【0071】

本実施の形態の気相成長方法は、基板を反応室に搬入し、第1のガス供給路に水素または不活性ガスの分離ガスを流して第1のガス噴出孔から噴出し、第2のガス供給路にアンモニアを流して第2のガス噴出孔から噴出し、第3のガス供給路に有機金属を含むガスを流して第3のガス噴出孔から噴出することにより基板上に窒化物半導体膜を成膜する。そして、基板を反応室から搬出し、SiCやSiO<sub>2</sub>等のハロゲン系ガスと反応しにくいダミーウエハを搬入する。第1または第3のガス供給路にハロゲン系ガスを流して第1または第3のガス噴出孔から噴出することにより、反応室をクリーニングする。すなわち、第2のガス供給路につながるガス流路には、ハロゲン系のクリーニングガスを流さない。クリーニングの際に、ハロゲン系ガスを流さないガス流路には、水素または不活性ガスを流しておくことが好ましい。

30

## 【0072】

反応室10にキャリアガスが供給され、図示しない真空ポンプを作動して反応室10内のガスをガス排出部26から排気して、反応室10を所定の圧力に制御している状態で、反応室10内の支持部12に半導体ウエハWを載置する。ここで、例えば、反応室10のウエハ出入口のゲートバルブ（図示せず）を開きハンドリングアームにより、ロードロック室内の半導体ウエハWを反応室10内に搬送する。そして、半導体ウエハWは例えば突き上げピン（図示せず）を用いて支持部12に載置され、ハンドリングアームはロードロック室に戻され、ゲートバルブは閉じられる。

40

## 【0073】

そして、上記真空ポンプによる排気を続行すると共に、回転体ユニット14を所要の速度で回転させながら、第1～第3のガス噴出孔111、112、113から所定の第1～第3のプロセスガスを噴出させている。第1のプロセスガスは、第1のガス供給路31から第1のマニフールド131、第1の接続流路141、第1の横方向ガス流路101、第1の縦方向ガス流路121を経由して第1のガス噴出孔111から反応室10内に噴出させている。また、第2のプロセスガスは、第2のガス供給路32から第2のマニフールド132、第2の接続流路142、第2の横方向ガス流路102、第2の縦方向ガス流路122を経由して第2のガス噴出孔112から反応室10内に噴出させている。ま

50

た、第3のプロセスガスは、第3のガス供給路33から第3のマニフールド133、第3の接続流路143、第3の横方向ガス流路103、第3の縦方向ガス流路123を経由して第3のガス噴出孔113から反応室10内に噴出させている。

#### 【0074】

支持部12に載置した半導体ウェハWは、加熱部16により所定温度に予備加熱している。さらに、加熱部16の加熱出力を上げて半導体ウェハWをエピタキシャル成長温度に昇温させる。

#### 【0075】

半導体ウェハW上にGa<sub>2</sub>Nを成長させる場合、例えば、第1のプロセスガスは分離ガスである水素ガスであり、第2のプロセスガスは窒素のソースガスであるアンモニアガスであり、第3のプロセスガスはガリウムのソースとなるTMGがキャリアガスである水素ガスで希釈されたソースガスである。昇温中は、アンモニアとTMGは反応室10には供給されていない。例えば、第1～第3のガス噴出孔111、112、113および中央ガス噴出孔110からは、水素ガスのみが供給されている。

#### 【0076】

この際、流路切替バルブ61は、第1のガス供給路31に第1のガス供給源(A)51aから分離ガスである水素が供給されるよう制御される。

#### 【0077】

半導体ウェハWが成長温度になった後に、第2のガス噴出孔112にアンモニアを供給し、第3のガス噴出孔113にTMGを供給する。第1～第3のガス噴出孔111、112、113から噴出された第1～第3のプロセスガスは適度に混合されて半導体ウェハW上に整流状態で供給される。これにより、半導体ウェハW表面に、例えば、Ga<sub>2</sub>N(ガリウムナイトライド)の単結晶膜がエピタキシャル成長により形成される。

#### 【0078】

そして、エピタキシャル成長終了時には第3のガス噴出孔113へのTMG供給を停止し、単結晶膜の成長が終了される。

#### 【0079】

成膜後は、半導体ウェハWの降温を始める。所定の温度まで半導体ウェハWの温度が低下してから、第2のガス噴出孔112へのアンモニアを停止する。ここで、例えば、回転体ユニット14の回転を停止させ、単結晶膜が形成された半導体ウェハWを支持部12に載置したままにして、加熱部16の加熱出力を初めに戻し、予備加熱の温度に低下するよう調整する。

#### 【0080】

次に、半導体ウェハWが所定の温度に安定した後、例えば突き上げピンにより半導体ウェハWを支持部12から脱着させる。そして、再びゲートバルブを開いてハンドリングアームをシャワープレート100および支持部12の間に挿入し、その上に半導体ウェハWを載せる。そして、半導体ウェハWを載せたハンドリングアームをロードロック室に戻す。

#### 【0081】

次に、反応室10内の支持部12にSiCやSiO<sub>2</sub>等のハロゲン系ガスと反応しにくいダミーウェハを載置する。その後、ゲートバルブを閉じ、支持部12を加熱し、所定の温度になった後に、反応室10内にクリーニングガスを噴出させる。この際、流路切替バルブ61は、第1のガス供給路31に第1のガス供給源(B)51bからクリーニングガス、例えば、塩化水素ガス(HCl)が供給されるよう制御される。第2、第3のガス供給路32、33には水素ガスが供給されている。

#### 【0082】

クリーニングガスが、第1のガス供給路31から第1のマニフールド131、第1の接続流路141、第1の横方向ガス流路101、第1の縦方向ガス流路121を経由し

10

20

30

40

50

て第1のガス噴出孔111から反応室10内に噴出される。これにより、反応室10および反応室10内の部材、例えば、支持部12、回転体ユニット14等のクリーニングが行われる。

#### 【0083】

以上のようにして、クリーニングが終了した後、ダミーウェハの温度を下げ、搬出した後に、引き続いて他の半導体ウェハWに対する成膜を、上述したのと同じのプロセスシーケンスに従って行う。

#### 【0084】

本実施の形態の気相成長方法では、アンモニア( $\text{NH}_3$ )ガスと、ハロゲン系ガスのクリーニングガスを異なるガス流路で反応室に供給する。したがって、ガス流路内でアンモニアとハロゲンが反応することにより生じる粉状の反応生成物が、パーティクルとなって反応室内に導入されることを抑止する。よって、膜質に優れた半導体膜を成膜することが可能となる。

#### 【0085】

(第2の実施の形態)

本実施の形態の気相成長装置は、第1のガス供給源(B)が、シリコン膜成長のための、シリコンとハロゲン元素を含むソースガス、例えば、シリコンと塩素を含む塩化シランガス( $\text{SiH}_x\text{Cl}_y$ ( $x$ 、 $y$ は正の整数))であること以外は、第1の実施の形態と同様である。したがって、第1の実施の形態と重複する内容については、記述を省略する。

#### 【0086】

図5は、本実施の形態の気相成長装置の模式断面図である。図に示すように、第1のガス供給源(B)51bが、塩化シランガス( $\text{SiH}_x\text{Cl}_y$ ( $x$ 、 $y$ は正の整数))の供給源となっている。塩化シランは、例えば、ジクロロシラン( $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ )やトリクロロシラン( $\text{SiHCl}_3$ )である。

#### 【0087】

本実施の形態では、窒化物半導体膜の成膜に加え、シリコン膜を成膜することも可能となる。例えば、基板を反応室10から出すことなく、窒化物半導体膜とシリコン膜を連続して成膜することが可能となる。

#### 【0088】

そして、窒化物半導体膜の成膜に用いられるアンモニア( $\text{NH}_3$ )ガスと、シリコン膜の成膜に用いられるハロゲン系ガス、を異なるガス流路で反応室に供給する。したがって、ガス流路内でアンモニアとハロゲンが反応することにより生じる粉状の反応生成物が、パーティクルとなって反応室内に導入されることを抑止する。よって、膜質に優れた半導体膜を成膜することが可能となる。

#### 【0089】

(第3の実施の形態)

本実施の形態の気相成長装置は、第1～第3の横方向ガス流路が階層構造になっていない。すなわち、第1～第3の水平面が同一水平面であること以外は、第1または第2の実施の形態と同様である。したがって、第1または第2の実施の形態と重複する内容については、記述を省略する。

#### 【0090】

本実施の形態では、第1または第2の実施の形態の効果に加え、シャワープレート<sup>1</sup>の構造をより簡易な構造にすることが可能となる。

#### 【0091】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。上記、実施の形態はあくまで、例として挙げられているだけであり、本発明を限定するものではない。また、各実施の形態の構成要素を適宜組み合わせてもかまわない。シャワープレート<sup>1</sup>の構造は、シャワープレート<sup>1</sup>内部で、アンモニアガスとハロゲン系ガスが異なる流路を通る構造であ

10

20

30

40

50

れば、上述の構造である必要はない。

【 0 0 9 2 】

例えば、実施の形態では横方向ガス流路等の流路を 3 系統設ける場合を例に説明したが、横方向ガス流路等の流路を 4 系統以上設けてもかまわないし、2 系統でもかまわない。

【 0 0 9 3 】

また、例えば、実施の形態では、GaN（窒化ガリウム）の単結晶膜を成膜する場合を例に説明したが、例えば、InGaN（窒化インジウムガリウム）、AlN（窒化アルミニウム）、AlGaIn（窒化アルミニウムガリウム）等、その他の窒化物半導体を MOCVD 法により成膜する場合にも本発明を適用することが可能である。

【 0 0 9 4 】

また、動粘度の比較的大きいプロセスガスについては水素ガス（H<sub>2</sub>）を例に説明したが、その他、例えば、ヘリウムガス（He）も動粘度の大きいプロセスガスとして挙げる事ができる。

【 0 0 9 5 】

また、実施の形態では、ウェハ 1 枚毎に成膜する枚葉式のエピタキシャル装置を例に説明したが、気相成長装置は、枚葉式のエピタキシャル装置に限られるものではない。例えば、自公転する複数のウェハに同時に成膜するプラネタリー方式の CVD 装置等にも、本発明を適用することが可能である。

【 0 0 9 6 】

実施の形態では、装置構成や製造方法等、本発明の説明に直接必要としない部分等については記載を省略したが、必要とされる装置構成や製造方法等を適宜選択して用いることができる。その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全ての気相成長装置および気相成長方法は、本発明の範囲に包含される。本発明の範囲は、特許請求の範囲およびその均等物の範囲によって定義されるものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 7 】

1 0	反応室
1 2	支持部
1 4	回転体ユニット
3 1	第 1 のガス供給路
3 2	第 2 のガス供給路
3 3	第 3 のガス供給路
5 1 a	第 1 のガス供給源（A）
5 1 b	第 1 のガス供給源（B）
5 2	第 2 のガス供給源
5 3	第 3 のガス供給源
1 0 0	シャワープレート
1 0 1	第 1 の横方向ガス流路
1 0 2	第 2 の横方向ガス流路
1 0 3	第 3 の横方向ガス流路
1 1 1	第 1 のガス噴出孔
1 1 2	第 2 のガス噴出孔
1 1 3	第 3 のガス噴出孔
1 2 1	第 1 の縦方向ガス流路
1 2 2	第 2 の縦方向ガス流路
1 2 3	第 3 の縦方向ガス流路

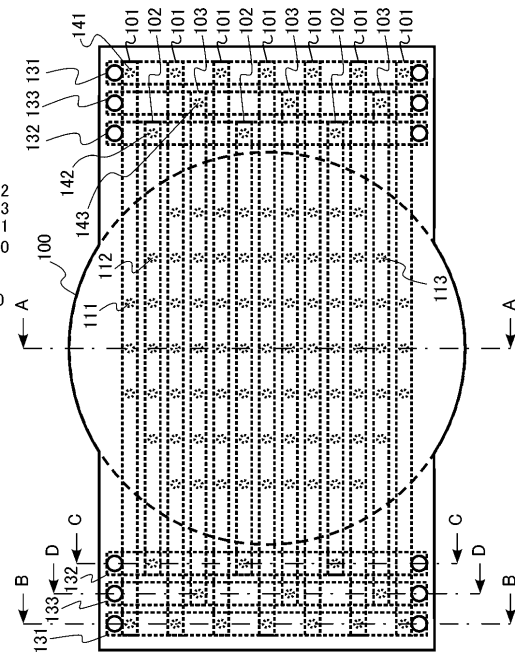
10

20

30

40

【 図 2 】



【 図 4 】

(a) BB断面

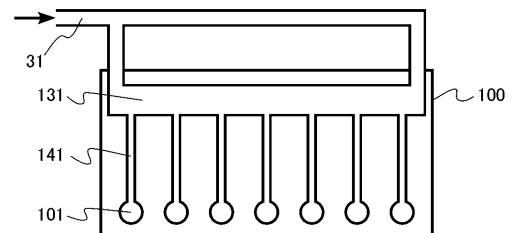
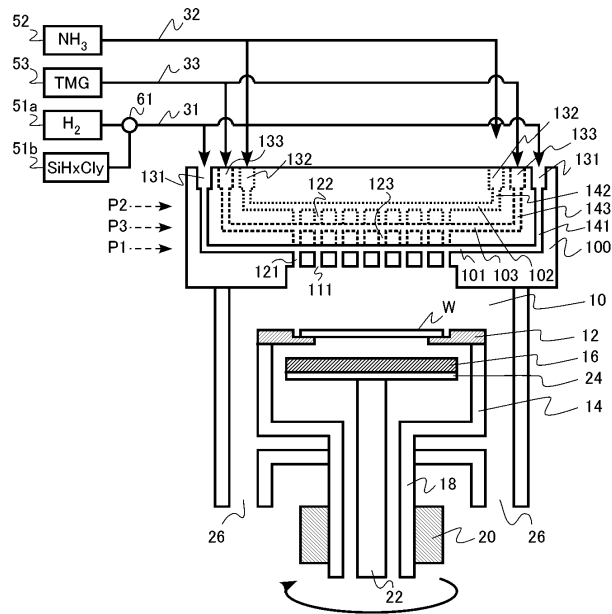


Diagram illustrating a semiconductor device 100. The device includes a substrate 101 with a series of circular elements. Above these elements are three circular structures 103, each connected by a vertical line 143 to a horizontal line 133. A top layer 33 is shown with an arrow pointing right, and a side layer 100 is indicated on the right.

【図 5】





---

フロントページの続き

審査官 齊田 寛史

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0000490(US,A1)  
特表2012-525708(JP,A)  
特開2012-059866(JP,A)  
特開平08-064588(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0098276(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
H01L 21/205  
C23C 16/44  
H01L 21/31