

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-190902

(P2012-190902A)

(43) 公開日 平成24年10月4日(2012.10.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 L 21/205 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/205	4 K O 3 O
<b>C 2 3 C 16/455 (2006.01)</b>	C 2 3 C 16/455	5 F O 4 5
<b>C O 1 G 15/00 (2006.01)</b>	C O 1 G 15/00	D

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-51549 (P2011-51549)  
 (22) 出願日 平成23年3月9日 (2011.3.9)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 110001092  
 特許業務法人サクラ国際特許事務所  
 (72) 発明者 佐藤 裕輔  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
 Fターム(参考) 4K030 AA11 AA13 BA08 BA35 BA38  
 CA05 CA17 EA03 EA06 FA10  
 GA06 KA02 KA45 LA14  
 5F045 AA04 AB14 AB17 AB22 AC01  
 AC08 AC12 AC15 AF09 BB08  
 CA09 DA52 DP04 DP15 EC01  
 EE04 EE14 EE17 EE20 EF02  
 EF09 EF14

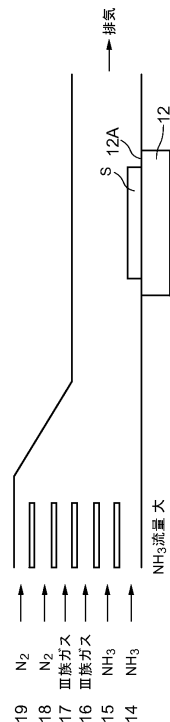
(54) 【発明の名称】 気相成長装置、及び気相成長方法

(57) 【要約】

【課題】 気相成長時に原料ガス流量は大きく変化した場合においても、基板上において、膜質劣化のない膜体を高い再現性の下に作製することが可能な気相成長装置及び気相成長方法を提供する。

【解決手段】 実施形態の気相成長装置は、ガス導入部、及びこのガス導入部と連続するようにして設けられたガス反応部を含む反応管と、前記反応管の、前記ガス反応部の内部に表面が露出し、前記表面に基板を載置及び固定するためのサセプタとを具える。また、前記反応管の前記ガス導入部において、前記反応管の高さ方向において順次に配置されてなる複数のガス導入管と、前記反応管の外部において、前記複数のガス導入管それぞれに供給すべきガスを切り替えるための切替装置とを具える。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ガス導入部、及びこのガス導入部と連続するようにして設けられたガス反応部を含む反応管と、

前記反応管の、前記ガス反応部の内部に表面が露出し、前記表面に基板を載置及び固定するためのサセプタと、

前記反応管の前記ガス導入部において、前記反応管の高さ方向において順次に配置されてなる複数のガス導入管と、

前記反応管の外部において、前記複数のガス導入管それぞれに供給すべきガスを切り替えるための切替装置と、

を具えることを特徴とする、気相成長装置。

10

**【請求項 2】**

前記切替装置は、前記複数のガス導入管それぞれに供給すべき原料ガス、キャリアガス及びサブフローガスの切り替えを行い、前記反応管の前記ガス導入部に供給する前記原料ガスの流量を制御するように構成したことを特徴とする、請求項 1 に記載の気相成長装置。

**【請求項 3】**

前記反応管の前記ガス導入部の高さが、前記反応管のガス反応部の高さよりも大きいことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の気相成長装置。

**【請求項 4】**

前記原料ガスは、II 族ガス、III 族ガス、IV 族ガス、V 族ガス及び VI 族ガスからなる群より選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一に記載の気相成長装置。

20

**【請求項 5】**

前記サブフローガス及びキャリアガスは、窒素ガス、水素ガス及びアルゴンガスからなる群より選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の気相成長装置。

**【請求項 6】**

前記反応管は、横型又はパンケーキ型若しくはプラネタリー型であることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一に記載の気相成長装置。

30

**【請求項 7】**

ガス導入部、このガス導入部と連続するようにして設けられたガス反応部を含む反応管の、前記ガス反応部の内部に表面が露出したサセプタ上に基板を載置及び固定する工程と、

前記反応管の前記ガス導入部において、前記反応管の高さ方向において順次に配置されてなる複数のガス導入管それぞれから、原料ガス、キャリアガス及びサブフローガスを前記反応管の前記ガス導入部に供給し、前記基板上において第 1 の膜体を形成する工程と、

前記反応管の外部に設けられた前記複数のガス導入管それぞれに供給すべきガスを切り替えるための切替装置によって、前記複数のガス導入管それぞれに供給すべき原料ガス、キャリアガス及びサブフローガスの切り替えを行い、前記反応管の前記ガス導入部に供給する前記原料ガスの流量を制御し、前記基板の前記第 1 の膜体上に第 2 の膜体を形成する工程と、

40

を具えることを特徴とする、気相成長方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、気相成長装置、及び気相成長方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

有機金属気相成長 (MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor deposition) 法は、代表的

50

な気相成膜法の一つであり、例えばIII族有機金属を気化させ、キャリアガス及びV族ガスとともに供給し、それを基板表面で熱的に反応させて成膜する方法である。この方法は膜厚や組成の制御が可能であり、かつ生産性に優れていることから、半導体デバイスを製造する際の成膜技術として広く用いられている。

【0003】

MOCVD法に用いられるMOCVD装置は、反応管と、反応管内に配置されたサセプタと、このサセプタ上に載置された基板表面に反応ガスを流すためのガス導入管とを備えている。MOCVD装置においては、サセプタ上に基板を載置し、基板を適当な温度に加熱し、ガス導入管を通じて基板表面に有機金属のガス等の原料ガス及び窒素ガス等のサブフローガスを導入することにより成膜が行なわれる。

10

【0004】

一方、MOCVD法によって複数の膜を積層させ、所定のデバイスを作製するような場合においては、同一のMOCVD装置を用いて上記複数の膜を連続して形成することになる。しかしながら、これら複数の膜は一般に成分組成が異なるため、同一のMOCVD装置を用いて上記複数の膜を連続して作製する場合、膜毎にガス導入管から反応管に導入すべき原料ガスの種類及び流量を大きく変化させることが要求される場合がある。

【0005】

特に複数のガス導入管から反応管内に導入すべき原料ガスの流量を大きく変化させると、ガス混合部での静圧のアンバランスが生じやすくなる。例えば1つのガス導入管に着目した場合において、このガス導入管から供給される原料ガスの流量を増大させると、当該ガスの流速が増大することになる。

20

【0006】

ガスの流速を $u$ 、ガスの密度を $\rho$ 、静圧を $p$ 、全圧を $p_0$ とすると、

$$p = p_0 - \rho u^2 / 2 \quad (1)$$

の関係がある。このようにガスの流速が増大すると、このガス流の周辺の静圧が減少するため、その周囲において他のガス導入管から導入された他の原料ガスあるいはサブフローガスが、静圧差により前記ガス流に引き寄せられ、その結果として、反応管内において、原料ガス及び/又はサブフローガスの渦流が生じる場合がある。したがって、原料ガス及び/又はサブフローガスのガス流が乱され、反応管内に設置された基板上に均一に供給されなくなり、膜厚が不均一となったり、組成が不均一となったりして膜作製上の再現性が著しく低下してしまう場合があった。

30

【0007】

また、ガスの種類が変わる場合、ガスの密度が変化する。その場合も、静圧の変化が生じ、ガスの流れが不安定になる場合がある。

【0008】

また、上述のように原料ガス及び/又はサブフローガスのガス流の乱れによって、これらのガスが反応管の上壁面や下壁面に達し、これら上壁面及び下壁面において所定の堆積物が形成されてしまう場合がある。このような堆積物は、反応管、すなわちMOCVD装置の使用過程において剥離して、基板上に形成された膜体に付着、堆積される場合があり、膜体の膜質劣化の原因となる場合があった。

40

【0009】

さらに、混合部分で渦を生じる場合、原料ガスが渦内で、混合、反応し、パ-ティクルを生成する場合もある。これらのような、堆積物や、パ-ティクルは、原料ガスのロスとなり、生産性を悪化させてしまう。さらには、堆積物が生じると、反応管の温度や、反応管内の流れに経時変化が生じ、成膜の再現性を悪化させる。

【0010】

基板上に均一に原料ガス及び/又はサブフローガスを供給すべく、例えば特許文献1には、基板を載置するためのサセプタと、基板に反応ガスを導入するための通路とを備えた

50

MOCVD装置が開示されている。また、通路は、横型三層流方式であり、サセプタの載置面に対して平行に延びている。そして、基板に最も遠い位置の通路からサブフローガスが供給され、中央の通路からIII族ガスが供給され、基板に最も近い位置の通路からIII族ガスが供給されている。

【0011】

しかしながら、上述のような技術においても、原料ガスの流量が大きく変化した際に生じるガス流の乱れを十分に抑制することは困難であり、基板上に均一に供給することも困難であった。したがって、膜作製上の再現性や、反応管壁に形成された堆積物の剥離による膜質劣化を十分に抑制することができないでいた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2008-16609号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明が解決しようとする課題は、気相成長時に原料ガス、キャリアガス、サブフローガスの種類や流量が大きく変化した場合においても、基板上において、膜質劣化のない膜体を高い再現性の下に作製することが可能な気相成長装置及び気相成長方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の実施形態の気相成長装置は、ガス導入部、及びこのガス導入部と連続するようにして設けられたガス反応部を含む反応管と、前記反応管の、前記ガス反応部の内部に表面が露出し、前記表面に基板を載置及び固定するためのサセプタとを具える。また、前記反応管の前記ガス導入部において、前記反応管の高さ方向において順次に配置されてなる複数のガス導入管と、前記反応管の外部において、前記複数のガス導入管それぞれに供給すべきガスを切り替えるための切替装置とを具える。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態における気相成長装置の概略構成を示す断面図である。

【図2】図1に示す気相成長装置の切替装置の概略構成を示す図である。

【図3】第1の実施形態における気相成長方法に関する説明図である。

【図4】第1の実施形態における気相成長方法に関する説明図である。

【図5】第2の実施形態における気相成長装置の概略構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

(第1の実施形態)

図1は、本実施形態における気相成長装置の概略構成を示す断面図であり、図2は、図1に示す気相成長装置の切替装置の概略構成を示す図である。

【0017】

図1に示すように、本実施形態の気相成長装置10は、ガス導入部11A、及びこのガス導入部11Aと連続するようにして設けられたガス反応部11Bを含む反応管11と、反応管11の、ガス反応部11Bの内部に表面12Aが露出してなるサセプタ12とを具える。

【0018】

図1に示すように、反応管11は、ガス導入部11A及びガス導入部11Bが横方向において連続しているので、いわゆる横型の反応管を構成する。また、サセプタ12は、図示しないヒータにより加熱され、基板Sを所定の温度にする。

【0019】

10

20

30

40

50

なお、反応管 11 において、ガス導入部 11A の高さ  $H_1$  はガス反応部 11B の高さ  $h_1$  は同じでもよいが、ガス導入部 11A の高さ  $H_1$  はガス反応部 11B の高さ  $h_1$  よりも大きい方が好ましい。ガス導入部 11A の高さ  $H_1$  が大きいと、流路断面積が大きくなり、流速  $u$  が小さくなる。(1) 式に示されるように、流速  $u$  が小さくなると、静圧  $p$  の差を小さくすることが可能になる。

【0020】

ガス導入部 11A の高さ  $H_1$  とガス反応部 11B の高さ  $h_1$  との比 ( $H_1 / h_1$ ) は約 1 ~ 5 の範囲に設定されている。但し、高さ  $H_1$  及び  $h_1$  の具体的な大きさは、基板  $S$  の大きさや、基板  $S$  に所定の成膜を行うためのガス流量や成長圧力等に基づいて決定する。

【0021】

また、反応管 11 のガス導入部 11A において、反応管 11 の高さ方向において順次に 6 個のガス導入管が配列されている。なお、これら 6 個のガス導入管には、下から順に参照数字 “14”、“15”、“16”、“17”、“18” 及び “19” が付されている (以下、第 1 のガス導入管 14、第 2 のガス導入管 15、第 3 のガス導入管 16、第 4 のガス導入管 17、第 5 のガス導入管 18 及び第 6 のガス導入管 19 と呼ぶ)。なお、ガス導入管の数は 6 個に限定されるものではなく、必要に応じて任意の数に設定することができる。

【0022】

また、本実施形態の気相成長装置 10 においては、反応管 11 の外部において、ガス導入管 14 ~ 19 のそれぞれに供給すべきガスを切り替えるための切替装置 20 が取り付けられている。

【0023】

図 2 に示すように、切替装置 20 は、ガス導入管 14 ~ 19 に応じて、6 つの切替素子 21 ~ 26 を有している。以下の説明で、キャリアガスは、原料ガスと同伴するガスを意味し、サブフローガスは、原料ガスを同伴しないガスを意味する。

【0024】

第 1 の切替素子 21 は、第 1 のガス導入管 14 に供給すべきガスを切り替えるための素子であって、第 1 のガス導入管 14 に接続されており、本実施形態では、V 族ガスに同伴させるキャリアガスとしての水素ガス及び窒素ガスの流量を制御するマスフローコントローラ 211 及び 213 と、これらマスフローコントローラと第 1 のガス導入管 14 との間に設けられたバルブ 212 及び 214 とを有している。また、別途設けた原料ガス供給源から流量調整された原料ガスの例えば V 族ガスに対するバルブ 216 を有している。

【0025】

第 2 の切替素子 22 は、第 2 のガス導入管 15 に供給すべきガスを切り替えるための素子であって、第 2 のガス導入管 15 に接続されており、本実施形態では、V 族ガスに同伴させるキャリアガス、もしくはサブフローガスとしての水素ガス及び窒素ガスの流量を制御するマスフローコントローラ 221 及び 223 と、これらマスフローコントローラと第 2 のガス導入管 15 との間に設けられたバルブ 222 及び 224 とを有している。また、別途設けた原料ガス供給源から流量調整された原料ガスの例えば V 族ガスに対するバルブ 226 を有している。

【0026】

第 3 の切替素子 23 は、第 3 のガス導入管 16 に供給すべきガスを切り替えるための素子であって、第 3 のガス導入管 16 に接続されており、本実施形態では、III 族ガスに同伴させるキャリアガスとしての水素ガス及び窒素ガスの流量を制御するマスフローコントローラ 231 及び 233 と、これらマスフローコントローラと第 3 のガス導入管 16 との間に設けられたバルブ 232 及び 234 とを有している。また、別途設けた原料ガス供給源から流量調整されたキャリアガスに同伴された原料ガスとしての例えば III 族ガスに対するバルブ 236 を有している。

【0027】

第 4 の切替素子 24 は、第 4 のガス導入管 17 に供給すべきガスを切り替えるための素

10

20

30

40

50

子であって、第4のガス導入管17に接続されており、本実施形態では、III族ガスに同伴させるキャリアガス、もしくはサブフローガスとしての水素ガス及び窒素ガスの流量を制御するマスフローコントローラ241及び243と、これらマスフローコントローラと第4のガス導入管17との間に設けられたバルブ242及び244とを有している。また、別途設けた原料ガス供給源から流量調整されたキャリアガスに同伴された原料ガスとしての例えばIII族ガスに対するバルブ246を有している。

【0028】

第5の切替素子25は、第5のガス導入管18に供給すべきガスを切り替えるための素子であって、第5のガス導入管18に接続されており、本実施形態では、サブフローガスとしての水素ガス及び窒素ガスの流量を制御するマスフローコントローラ251及び253と、これらマスフローコントローラと第5のガス導入管18との間に設けられたバルブ252及び254とを有している。

10

【0029】

第6の切替素子26は、第6のガス導入管19に供給すべきガスを切り替えるための素子であって、第6のガス導入管19に接続されており、本実施形態では、サブフローガスとしての水素ガス及び窒素ガスの流量を制御するマスフローコントローラ261及び263と、これらマスフローコントローラと第6のガス導入管19との間に設けられたバルブ262及び264とを有している。

【0030】

次に、図1及び図2に示す気相成長装置10を用いた気相成長方法について説明する。図3及び図4は、本実施形態の気相成長方法に関する説明図である。

20

【0031】

なお、本実施形態では、気相成長装置10の特徴及び以下に説明する気相成長方法の特徴を明確にすべく、原料ガスとしてトリメチルガリウム(TMG、 $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ )のIII族ガス及びアンモニア( $\text{NH}_3$ )のV族ガスを使用して、基板S上にGaN膜を形成する場合について説明する。また、本実施形態では、主としてV族ガスとしての $\text{NH}_3$ ガスの流量を大きく変化させた場合について説明する。

【0032】

例えば、サファイア基板上に青色発光素子を形成する場合に、低温バッファGaN層、高温GaN層、シリコンドープGaN層、活性層バリアGaN層、マグネシウムドープGaN層等のGaN層を形成する必要があるため、適切な $\text{NH}_3$ ガスの流量はそれぞれのGaN層で異なることがある。

30

【0033】

TMG及び $\text{NH}_3$ を用いてGaN膜を形成する場合、図3及び図4に示すように、TMGに関するガス導入部を $\text{NH}_3$ に対するガス導入部よりも基板Sから離れている方に設置する。また、TMGに関するガス導入部の基板Sから離れている方にサブフローガスとしての窒素ガス等のガス導入部を設置する。図3及び図4のIII族ガスはTMGとTMGとに同伴するキャリアガスを意味する。また、 $\text{NH}_3$ は $\text{NH}_3$ のみ、若しくは $\text{NH}_3$ とキャリアガスを意味する。

【0034】

これは、 $\text{NH}_3$ に対するガス導入部が基板Sに近い側にあると、基板S表面での $\text{NH}_3$ 分圧を、供給される全てのガスが混合した場合、 $\text{NH}_3$ 分圧をより高くすることが可能になるためである。基板S表面での $\text{NH}_3$ 分圧が高い方が結晶性のよいGaNの膜を形成できる場合がある。

40

【0035】

また、TMGが基板Sの上流側の高温部分に供給されると、TMGの分解物や、GaN膜が基板Sの上流側に堆積し、TMGが無駄に消費されてしまうが、TMGに関するガス導入部が $\text{NH}_3$ に対するガス導入部よりも基板Sから離れているため、TMGは $\text{NH}_3$ の流れを拡散しなければ、反応管11の下壁面へ到達しないため、基板Sの上流側の高温部分でのTMGの消費を低減させることが可能になる。

50

## 【0036】

さらには、TMGに関するガス導入部の基板Sから離れている方にサブフローガスが供給されると、TMGはサブフローガスの流れを拡散しなければ反応管11の上壁面へ到達しないため、反応管11の上壁面でのTMGの消費や、反応管11の上壁面への堆積物を低減させることが可能になる。このような効果は、ガス混合部での流れが乱れていない場合に顕著となる。ガス混合部で渦が発生するような場合は、例えば、NH<sub>3</sub>ガスは他のガスと混合して、基板S表面でのNH<sub>3</sub>分圧は低下する。また、TMGは混合により、反応管11の壁面へ到達しやすくなるとともに、TMG分圧が低下し、基板S表面への拡散も低下してしまう。

## 【0037】

なお、上述のように反応管11の壁面に堆積物が形成されると、この堆積物は反応管11、すなわち気相成長装置10の継続的な使用に伴う加熱及び冷却等の影響を受けて剥離し、形成過程あるいは形成後の膜体（本実施形態ではGaN膜）上に付着し、このGaN膜の特性を劣化させてしまうことになる。

## 【0038】

したがって、本実施形態では、上述した不都合を回避すべく、TMGに関するガス導入部をNH<sub>3</sub>に対するガス導入部を基板Sから離れている方に設置し、TMGに関するガス導入部の基板Sから離れている方にサブフローガスとしての窒素ガス等のガス導入部を設置する。

## 【0039】

以上のような実情を鑑みて、図3においては、第1のガス導入管14に接続された切替装置20の第1の切替素子21からNH<sub>3</sub>ガスを反応管11のガス導入部11Aに供給し、第2のガス導入管15に接続された切替装置20の第2の切替素子22からサブフローガスとしての窒素ガスを反応管11のガス導入部11Aに供給する。

## 【0040】

また、第3のガス導入管16に接続された切替装置20の第3の切替素子23からTMGとキャリアガスとを反応管11のガス導入部11Aに供給し、第4のガス導入管17に接続された切替装置20の第4の切替素子24からサブフローガスとしての窒素ガスを反応管11のガス導入部11Aに供給する。

## 【0041】

さらに、第5のガス導入管18に接続された切替装置20の第5の切替素子25からサブフローガスとしての窒素ガスを反応管11のガス導入部11Aに供給し、第6のガス導入管19に接続された切替装置20の第6の切替素子26からサブフローガスとしての窒素ガスを反応管11のガス導入部11Aに供給する。

## 【0042】

この場合において、第1の切替素子21及び第1のガス導入管14から所定の流量でNH<sub>3</sub>を反応管11のガス導入部11Aに供給するとともに、第3の切替素子23及び第3のガス導入管16から所定の流量でTMGとキャリアガスとを反応管11のガス導入部11Aに供給する。さらに、第2の切替素子22及び第2のガス導入管15、第4の切替素子24及び第4のガス導入管17、第5の切替素子25及び第5のガス導入管18、並びに第6の切替素子26及び第6のガス導入管19から、所定の流量でサブフローガスとしての窒素ガスを所定の流量で反応管11のガス導入部11Aに導入する。

## 【0043】

本実施形態では、反応管11のガス導入部11Aの高さH1が反応管11のガス反応部11Bの高さhよりも大きくなっているため、反応管11内に導入されたNH<sub>3</sub>、TMGとキャリアガス及び窒素ガスは、ガス導入部11Aでそれぞれの流速が低くなっており、これらのガスは当該ガス導入部11Aにおいて層流状態で流れる。その後、ガスが、ガス反応部11Bに流れると、流路断面積が小さくなることと、ガス温度上昇に伴う体積膨張とで流速が高くなる。流路断面積が小さくなることにより、TMGの基板S上への拡散距離が小さくなるため、効率的にTMGが基板S上に供給される。層流状態で流れるため、

10

20

30

40

50

基板 S 表面での  $\text{NH}_3$  分圧を高く保つことができる。これによって、基板 S 上には GaN 膜が所定の厚さで形成されることになる。基板 S は回転していてもよい。

【0044】

なお、反応管 11 に導入する際の  $\text{NH}_3$ 、TMG とキャリアガス及び窒素ガスは、一部のガスの流速が大きくなってガス流の乱れを生じないように、それぞれ所定の流速に設定する。

【0045】

次に、基板 S 上に GaN 膜を形成する際、反応管 11 内に導入する  $\text{NH}_3$  を、図 3 に示す状態（条件）から大幅に増大させる場合を考える。例えば、図 3 に示す状態（条件）から 2 倍量の  $\text{NH}_3$  を導入することを考えると、図 3 に示す状態の場合では、第 1 の切替素子 21 及び第 1 のガス導入管 14 から導入する  $\text{NH}_3$  の流速を 2 倍にしなければならない。

10

【0046】

すると、 $\text{NH}_3$  のガス流速が 2 倍になるため、(1) 式の関係で  $\text{NH}_3$  のガス流の静圧が減少するため、その周囲において TMG とキャリアガスやサブフローガスが、前記ガス流に引き寄せられ、その結果として、反応管 11 内において、 $\text{NH}_3$ 、TMG とキャリアガス及び / 又はサブフローガスの渦流が生じる場合がある。この場合、例えば、 $\text{NH}_3$  ガスは他のガスと混合して、基板 S 表面での  $\text{NH}_3$  分圧は低下する。また、TMG は混合により、反応管 11 の壁面へ到達しやすくなるとともに、TMG 分圧が低下し、基板 S 表面への拡散も低下してしまう。

20

【0047】

また、上述のように  $\text{NH}_3$ 、TMG 及び / 又はサブフローガスのガス流の乱れによって、これらのガスが反応管 11、特に高さが低くなっているガス反応部 11B の上壁面や下壁面に達し、これら上壁面及び下壁面において堆積物が形成されてしまう場合がある。このような堆積物は、反応管 11、すなわち MOCVD 装置 10 の使用過程において剥離して、基板 S 上に形成された GaN 膜あるいは形成過程にある GaN 膜に付着、堆積される場合があり、GaN 膜の膜質劣化の原因となる。

【0048】

したがって、上述のように  $\text{NH}_3$  ガスの流量を 2 倍にするに際しては、上述のように流速を 2 倍にする代わりに、第 2 のガス導入管 15 に接続された、切替装置 20 の第 2 の切替素子 22 のバルブ 224 を閉、バルブ 226 を開として、第 2 のガス導入管 15 から  $\text{NH}_3$  ガスを反応管 11 のガス導入部 11A 内に導入するようにする。

30

【0049】

この場合、図 4 に示すように、反応管 11 のガス導入部 11A には、第 1 の切替素子 21 及び第 1 のガス導入管 14、並びに第 2 の切替素子 22 及び第 2 のガス導入管 15 を介して  $\text{NH}_3$  ガスが導入されるようになる。すなわち、図 3 に示す 1 つの切替素子及びガス導入管から  $\text{NH}_3$  ガスが供給される代わりに、2 つの切替素子及びガス導入管から  $\text{NH}_3$  ガスが供給されるようになる。

【0050】

したがって、 $\text{NH}_3$  ガスの流量を 2 倍にした場合においても、図 3 に示すような状態（条件）、すなわち各切替素子及び各ガス導入管からの  $\text{NH}_3$  ガスの流速を図 3 に示すような状態（条件）を保持したまま、反応管 11 のガス導入部 11A に導入することが可能となる。このため、 $\text{NH}_3$  のガス流の周辺の静圧の変化を低減することができ、その周囲において TMG とキャリアガスやサブフローガスが、渦を生じることを防ぐことができる。

40

【0051】

その結果、反応管 11 内において、 $\text{NH}_3$ 、TMG とキャリアガス及び / 又はサブフローガスの渦流が生じることもなく、反応管 11 のガス反応部 11B 内に設置された基板 S 表面での  $\text{NH}_3$  分圧を、高く維持し結晶性のよい GaN の膜を形成できる。また、TMG の無駄な消費や、TMG 分圧の低下を抑制することができる。

【0052】

50

また、 $\text{NH}_3$ 、TMGとキャリアガス及び/又はサブフローガスが反応管11、特に高さが低くなっているガス反応部11Bの上壁面や下壁面に達し、堆積物が形成されてしまうようなことも低減でき、基板S上に形成されたGaN膜の膜質劣化も抑制することができる。

【0053】

なお、以上においては、 $\text{NH}_3$ のガス流量を2倍にする場合について述べたが、例えば3倍にする場合においても、例えば切替装置20における第5の切替素子25のサブフローガスである窒素ガスあるいは水素ガスの代わりに、 $\text{NH}_3$ を用いることによって、図4に関して説明したのと同じ手法で、ガス流を乱すことなく、形成すべき基板S上に原料ガス及びサブフローガスを均一に供給することができ、GaN膜の膜作製の再現性を向上させ、さらには膜質劣化を抑制することができる。

10

【0054】

また、基板S上にGaN膜を形成する際、反応管11内に導入するTMGとキャリアガスを、図3に示す状態(条件)から大幅に増大させる場合、例えば、図3に示す状態(条件)から2倍量のTMGとキャリアガスを導入する場合についても、 $\text{NH}_3$ の場合と同様にして考えることができる。

【0055】

この場合は、第4のガス導入管17に接続された、切替装置20の第4の切替素子24のバルブ246を開として、第4のガス導入管17からもTMGとキャリアガスを反応管11のガス導入部11A内に導入するようにする。

20

【0056】

この場合、反応管11のガス導入部11Aには、第3の切替素子23及び第3のガス導入管16、並びに第4の切替素子24及び第4のガス導入管24を介してTMGが導入されるようになる。すなわち、図3に示す1つの切替素子及びガス導入管から $\text{NH}_3$ ガスが供給される代わりに、2つの切替素子及びガス導入管からTMGとキャリアガスが供給されるようになる。

【0057】

したがって、TMGとキャリアガスの流量を2倍にした場合においても、図3に示すような状態(条件)、すなわち各切替素子及び各ガス導入管からのTMGとキャリアガスの流速を図3に示すような状態(条件)を保持したまま、反応管11のガス導入部11Aに導入することが可能となる。このため、TMGとキャリアガスのガス流の周辺の静圧低下が抑制され、その周囲において $\text{NH}_3$ やサブフローガスが、前記ガス流に引き寄せられることもない。

30

【0058】

その結果、反応管11内において、 $\text{NH}_3$ 、TMG及び/又はサブフローガスの渦流が生じることもなく、反応管11のガス反応部11B内に設置された基板S上に、これらのガスを再現性良く供給することができ、形成すべきGaN膜の膜作製上の再現性が向上する。

【0059】

また、反応管11、特に高さが低くなっているガス反応部11Bの上壁面や下壁面に堆積物の形成を抑制し、当該堆積物剥離によるGaN膜の膜質劣化も抑制することができる。

40

【0060】

さらに、図2に示すように、第1の切替素子21～第6の切替素子26は、それぞれサブフローガスやキャリアガスとして、バルブ212及び214等を切り替えることにより、窒素ガスの代わりに、水素ガスを反応管11のガス導入部11A内に導入することができる。このような切替は、ガスの密度の低下により、(1)式に示される静圧の減少を低下させたり、TMGの気相中の拡散係数が大きくなるため、TMGの基板Sへの拡散速度を向上させる効果がある。GaN膜の平坦性を向上させるために、マスフローコントローラにより適切な窒素ガスと、水素ガスの混合ガスを用いてもよい。

50

## 【0061】

以上においては、III族ガスとしてTMG、V族ガスとしてNH<sub>3</sub>の場合について説明したが、III族ガスとしては、TMG以外にトリメチルインジウム(TMI、In(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)、トリメチルアルミニウム(TMA、Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)等を挙げることができ、V族ガスとしては、NH<sub>3</sub>以外にターシャルブチルアミン(t-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>NH<sub>2</sub>)、モノメチルヒドラジン(N<sub>2</sub>H<sub>3</sub>(CH<sub>3</sub>))、アルシン(AsH<sub>3</sub>)、ホスフィン(PH<sub>3</sub>)等を挙げることができる。n型のドーパントとしてはシラン(SiH<sub>4</sub>)、p型のドーパントとしてはジシクロペンタジニエルマグネシウム((C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Mg)を用いる。

## 【0062】

InGaN層を成長させる場合には、III族ガスとして、TMGとTMIとを用いる。AlGaN層を成長させる場合は、III族ガスとして、TMGとTMAとを用いる。GaAsを成長させる場合は、V族ガスとして、AsH<sub>3</sub>を用いる。

10

## 【0063】

また、上述したIII族ガス及びV族ガス以外に、ジメチル亜鉛(Zn(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)等のII族ガス、メタン(CH<sub>4</sub>)等のIV族ガス、セレン化水素(H<sub>2</sub>Se)等のVI族ガスを用いることもできる。

## 【0064】

ZnSeを成長させる場合、Zn(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Seを用いる。カーボン等の膜を成長する場合にCH<sub>4</sub>を用いる。

## 【0065】

さらに、サブフローガスとしては窒素ガス、水素ガス以外に、アルゴンガスなども用いることができる。

20

## 【0066】

また、本実施形態においては、NH<sub>3</sub>の流量を代えて同じGaN膜を形成する場合について説明したが、異なる組成、例えばInGaN膜を形成する場合等に、NH<sub>3</sub>の流量を上述のように代えてもよい。また、流量の変化は2倍でなくてもよく、任意の流量変化をさせる場合に、ガスの混合部分で、流れの乱れが低減するように供給するガスの種類と流量を設定する。

## 【0067】

(第2の実施形態)

図5は、本実施形態における気相成長装置の概略構成を示す断面図である。

図5に示すように、本実施形態の気相成長装置30は、ガス導入部31A、及びこのガス導入部31Aと連続するようにして設けられたガス反応部31Bを含む、いわゆるパンケーキ型またはプラネタリー型の反応管31と、反応管31の、ガス反応部31Bの内部に表面32-nAが露出し、さらにパンケーキ型またはプラネタリー型の反応管31の中心軸I-Iに対して、同心状に配列されてなるサセプタ32-nとを具える。また、サセプタ32-n上には、それぞれ基板Snが載置されている。図示しないテーブルに32-nは保持され、図示しないヒータによりテーブル及びサセプタ32-nが加熱され、基板Snが所定の温度に保持される。自公転型の場合は、図示しないテーブルが公転し、サセプタ32-nが自転するが、自転や公転はしてもしなくてもよい。

30

40

## 【0068】

本実施形態における気相成長装置30の反応管31はパンケーキ型またはプラネタリー型を構成するので、特に図示しないものの、基板は、反応管31の外周面に沿って円形に複数配列されることになる。したがって、符号“n”は、このようにして配列される基板の数を表すものであり、サセプタに付された符号“32-n”も、基板を支持固定するサセプタは、基板の数と同じだけ必要となることから、上記基板の数に併せ、基数32に対して枝番として“n”を付加して、互いに識別させたものである。

## 【0069】

なお、本実施形態の気相成長装置30において、反応管31はパンケーキ型またはプラネタリー型をなすことから、反応管31は、反応管31の中心部にガス導入部31Aから

50

下方に突出したガス導入延在部 3 1 C を有し、反応管 3 1 に対する原料ガス及びサブフローガスは、ガス導入延在部 3 1 C に設けられた第 1 のガス導入管 3 4 ~ 第 6 のガス導入管 3 9 を介してガス導入部 3 1 A 内に導入される。第 1 のガス導入管 3 4 ~ 第 6 のガス導入管 3 9 は、ガス導入延在部 3 1 C において、これらのガス導入管 3 4 ~ 3 9 が、ガス導入部 3 1 A の基板  $S_n$  に近い側から順次ガスを供給するように配列されるようにして設けられている。

【 0 0 7 0 】

また、反応管 3 1 はパンケーキ型もしくはプラネタリー型を呈しているため、本実施形態では、気相成長装置及び気相成長方法の特徴を明確にすべく、反応管 3 1 の中心線 I - I の右側断面について説明するが、反応管 3 1 の中心線 I - I に対して軸対称の構成となっており全ての断面でほぼ同じ現象となる。

10

【 0 0 7 1 】

なお、反応管 3 1 において、ガス導入部 3 1 A の高さ  $H_2$  はガス反応部 1 1 B の高さ  $h_2$  と同じでもよいが、ガス導入部 3 1 A の高さ  $H_2$  はガス反応部 3 1 B の高さ  $h_2$  よりも大きい方が好ましい。ガス導入部 3 1 A の高さ  $H_2$  とガス反応部 3 1 B の高さ  $h_2$  との比 ( $H_2 / h_2$ ) は約 1 ~ 5 の範囲に設定されている。但し、高さ  $H_2$  及び  $h_2$  の具体的な大きさは、基板  $S$  の大きさや、基板  $S$  に所定の成膜を行うためのガス流量や成長圧力等に基づいて決定する。

【 0 0 7 2 】

パンケーキ型もしくはプラネタリー型のガス導入部 3 1 A の半径は、基板  $S_n$  がある部分の半径より小さいため、ガス導入部 3 1 A のガスが流れる流路断面積は基板  $S_n$  がある部分の断面積より小さく、ガス導入部 3 1 A のガス流速  $u$  は早くなる。そのため、( 1 ) 式で示される静圧  $p$  の減少は第 1 の実施形態に示した横型の反応管の場合より大きくなる。そのために、ガス導入部 3 1 A の高さを高くして、流速  $u$  を減少させ、ガス混合部での静圧のアンバランスを低減させる効果はパンケーキ型もしくはプラネタリー型の方が横型の反応管よりも大きい。

20

【 0 0 7 3 】

本実施形態の気相成長装置 3 0 においても、反応管 3 1 の外部において、ガス導入管 3 4 ~ 3 9 のそれぞれに供給すべきガスを切り替えるための切替装置 2 0 が取り付けられている。したがって、第 1 の実施形態で説明したように、 $NH_3$  の流量を 2 倍にする場合においては、その流速を 2 倍にする代わりに、第 2 のガス導入管 3 5 に接続された、切替装置 2 0 の第 2 の切替素子 2 2 のバルブ 2 2 4 を閉、バルブ 2 2 6 を開として、第 2 のガス導入管 3 5 から  $NH_3$  ガスを反応管 1 1 のガス導入部 1 1 A 内に導入するようにする。

30

【 0 0 7 4 】

この場合、反応管 3 1 のガス導入部 3 1 A には、第 1 の切替素子 2 1 及び第 1 のガス導入管 3 4、並びに第 2 の切替素子 2 2 及び第 2 のガス導入管 3 5 を介して  $NH_3$  ガスが導入されるようになる。すなわち、2 つの切替素子及びガス導入管から  $NH_3$  ガスが供給されるようになる。

【 0 0 7 5 】

したがって、 $NH_3$  ガスの流量を 2 倍にした場合においても、当該  $NH_3$  を、その流速を変えることなく、反応管 3 1 のガス導入部 3 1 A に導入することが可能となる。このため、 $NH_3$  のガス流の静圧の変化を低減することができ、その周囲において TMG やサブフローガスが、渦を生じることを防ぐことができる。

40

【 0 0 7 6 】

その結果、反応管 3 1 内において、 $NH_3$ 、TMG とキャリアガス及び / 又はサブフローガスの渦流が生じることもなく、反応管 3 1 のガス反応部 3 1 B 内に設置された基板  $S_n$  表面での  $NH_3$  分圧を、高く維持し結晶性のよい GaN の膜を形成できる。また、TMG の無駄な消費や、TMG 分圧の低下を抑制することができる。

【 0 0 7 7 】

また、 $NH_3$ 、TMG とキャリアガス及び / 又はサブフローガスが反応管 3 1、特に高

50

さが低くなっているガス反応部 3 1 B の上壁面や下壁面での堆積物の形成を抑制でき、基板 S n 上に形成された G a N 膜の膜質劣化も抑制することができる。

【 0 0 7 8 】

なお、T M G の場合についても第 1 の実施形態と同様であり、その他の特徴及び利点についても、上記第 1 の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【 0 0 7 9 】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は例として掲示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

10

【符号の説明】

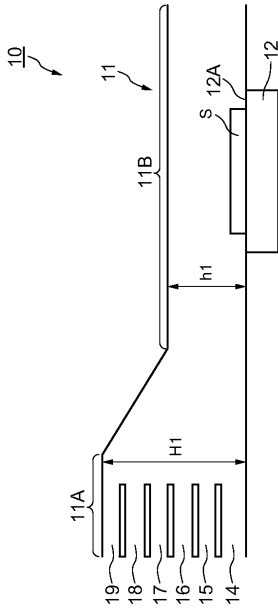
【 0 0 8 0 】

- 1 0 , 3 0 気相成長装置
- 1 1 , 3 1 反応管
- 1 1 A , 3 1 A ガス導入部
- 1 1 B 、 3 1 B ガス反応部
- 1 4 、 3 4 第 1 のガス導入管
- 1 5 , 3 5 第 2 のガス導入管
- 1 6 , 3 6 第 3 のガス導入管
- 1 7 , 3 7 第 4 のガス導入管
- 1 8 , 3 8 第 5 のガス導入管
- 1 9 , 3 9 第 6 のガス導入管
- 2 0 切替装置
- 2 1 第 1 の切替素子
- 2 2 第 2 の切替素子
- 2 3 第 3 の切替素子
- 2 4 第 4 の切替素子
- 2 5 第 5 の切替素子
- 2 6 第 6 の切替素子
- 3 1 C ガス導入延在部

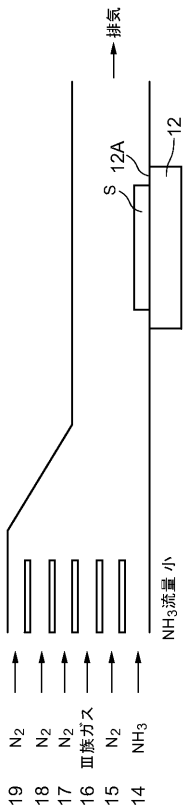
20

30

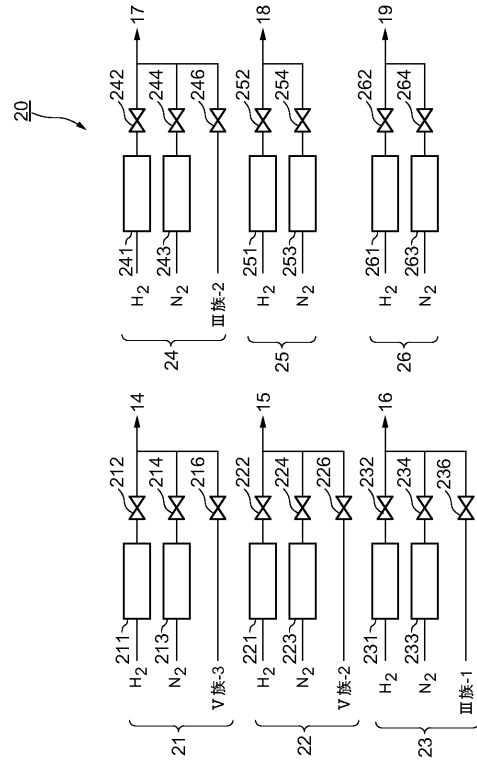
【 図 1 】



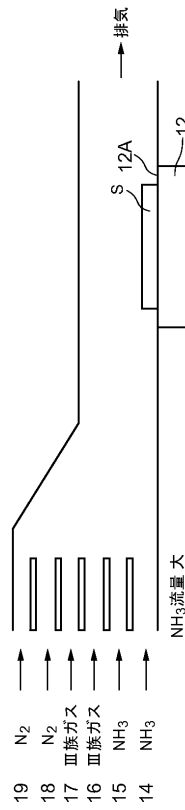
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】

