

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2628404号

(45)発行日 平成9年(1997)7月9日

(24)登録日 平成9年(1997)4月18日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 3 0 B	25/14		C 3 0 B	25/14
	29/38			29/38
				C
				D
H 0 1 L	21/205		H 0 1 L	21/205

請求項の数1(全 6 頁)

(21)出願番号	特願平2-288665	(73)特許権者	999999999 日亜化学工業株式会社 徳島県阿南市上中町岡491番地100
(22)出願日	平成2年(1990)10月25日	(72)発明者	中村 修二 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜 化学工業株式会社内
(65)公開番号	特開平4-164895	(74)代理人	弁理士 豊柄 康弘
(43)公開日	平成4年(1992)6月10日	審査官	徳永 英男
		(56)参考文献	Journal of Electr onic Materials, 14 [5 (1985) P. 633-644

(54)【発明の名称】 半導体結晶膜の成長方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】加熱された基板の表面に、基板に対して平行ないし傾斜する方向と、基板に対して実質的に垂直な方向からガスを供給して、加熱された基板の表面に半導体結晶膜を成長させる方法において、基板の表面に平行ないし傾斜する方向には反応ガスを供給し、基板の表面に対して実質的に垂直な方向には、反応ガスを含まない不活性ガスの押圧ガスを供給し、不活性ガスである押圧ガスが、基板の表面に平行ないし傾斜する方向に供給される反応ガスを基板表面に吹き付け

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

この発明は、主として窒素化合物の半導体結晶膜を成

2

長させる方法に関し、とくに、基板に反応ガスを噴射してその表面に半導体結晶膜を成長させる方法に関する。

【従来の技術】

一般に、GaN、InN、AlNまたはこれらの半導体結晶は、第3図～第6図に示される装置で成長が行われる。

例えば、GaNを基板の表面に成長させる方法を第3図に基づいて説明すると次のようになる。

①基板として、通常サファイアのC面を使用する。サファイヤ基板1をカーボンセプター4の上に載せる。

②H<sub>2</sub>を流しながら、高周波誘導加熱によりカーボンセプター4を950～1150℃まで高温に加熱する。

③Ga源として、トリメチルガリウム(TMG)、N源としてアンモニア(NH<sub>3</sub>)を、H<sub>2</sub>をキャリアーとして、反応ガス噴射管から基板表面に噴射する。

これらの反応ガスは、内径が約5mm～10mmの細い

反応ガス噴射管 2 でもって、基板 1 上部のすぐ近くに噴射される。反応ガスの流速は、2m/sec以上の高速流として、基板に吹き付けられる。

このようにして成長時間30分～60分間で約 2～5 μm ぐらいのGa<sub>N</sub>をサファイア基板の上に成長できる。

#### 【発明が解決しようとする課題】

この方法で半導体結晶膜を基板上に成長させるには、反応ガスの流速を速くする必要がある。それは、反応ガスの流速を2m/sec以上に速くしないと、Ga<sub>N</sub>を成長できないことが理由である。この原因は、反応ガスの流速を速くしないと、TMGとNH<sub>3</sub>が基板に到達するまでに、何か付加化合物ができてしまうとか、または反応温度が高いので熱対流が大きくて反応ガスが基板に到達しないことが理由と推測される。

このように、反応ガスを高速流とするために、従来の成長方法は、内径5mm～10mmの細い反応ガス噴射管を使用している。細い反応ガス噴射管は、基板の上方から5mm～10mm離れた位置に下端開口を配設する。

この状態で、サファイア基板の表面にGa<sub>N</sub>を成長させると、半導体結晶膜の面積も、約5mm～10mmとなつて非常に小さいものしか得られない。例えば、2インチ径のサファイア基板を使用すると、半導体結晶膜の成長面積は、約2/50以下であり、非常に歩留が悪い。このように、従来の成長方法では、基板の表面に10mm以上の大面積に、半導体結晶膜を均一に成長できない欠点があった。

また、従来技術は、基板の表面に、一回半導体結晶膜を成長させる毎に、細い反応ガス噴射管の先に大量にGa<sub>N</sub>の粒が付着する。このため次回に半導体結晶膜を成長させるときに、温度を上昇させると、反応ガス噴射管に付着したGa<sub>N</sub>が分解してGaメタルができ、反応中にこのGaメタルが基板の上に落ちる欠点がある。基板の表面にGa<sub>N</sub>が落ちた部分はGa<sub>N</sub>が成長しなくなる。このため、サファイア基板の歩留が極端に悪くなる欠点がある。

このため、極端な場合は、毎回反応のたびごとに、細い反応ガス噴射管を新しいものと交換するか、あるいは、洗浄する必要がある、作業性が非常に悪く大変であった。

さらに、ジャーナル オフ エレクトロニクス マテリアルズ (Journal of Electronic Materials) 14 [ 5 ] (1985) 第633～644頁には、基板の表面に、基板に対して平行ないし傾斜する方向と、基板に対して垂直な方向にガスを供給して、Ga<sub>N</sub>、Al<sub>N</sub>、AlGa<sub>N</sub>等の、MOCVDエピタキシャル半導体結晶膜を成長させる方法が記載される。この刊行物に記載される方法は、TMG、TMA等の原料ガスを基板に向かって水平に噴射し、TMGと反応するN源であるNH<sub>3</sub>ガスを基板に垂直に噴射する。この方法は、膜質のよい半導体結晶膜を成長できない欠点がある。たとえば、この方法で窒化物半導体をMOCVD法で成長させる場合、基板を1000 以上と極めて高温に加熱して半導体

結晶膜を成長させる必要がある。高温に加熱される基板は、半導体結晶膜を成長させる表面上で強い熱対流を発生させる。つまり、MOCVDのような大気圧中で結晶成長を行う手法は、アンモニアガスを水素等のキャリアガスと共に基板に垂直に吹き付けたとしても、加熱された基板による激しい熱対流のために、アンモニアガスは基板上で拡散してしまい、原料ガスと反応しない。したがって、この方法で成長された窒化物半導体層は、窒素空孔が多く、結晶欠陥の多い半導体結晶膜となる。このため、この方法によっても、格子欠陥の少ない半導体結晶膜を成長できない。

この発明は、これらの欠点を解決することを目的に開発されたもので、この発明の重要な目的は、基板表面に大面積の半導体結晶膜を高い歩留で成長できる半導体結晶膜の成長方法を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

この発明の半導体結晶膜の成長方法は、加熱された基板の表面に、基板に対して平行ないし傾斜する方向と、基板に対して実質的に垂直な方向からガスを供給して、加熱された基板の表面に半導体結晶膜を成長させる方法を改良したものである。本発明の成長方法は、基板の表面に平行ないし傾斜する方向には反応ガスを供給し、基板の表面に対して実質的に垂直な方向には、反応ガスを含まない不活性ガスの押圧ガスを供給する。

基板に対して実質的に垂直に供給される反応ガスを含まない不活性な押圧ガスは、基板の表面に、平行ないし傾斜する方向に供給される反応ガスを、基板表面に吹き付ける方向に方向を変更させて、半導体結晶膜を成長させる。

基板の上部から垂直に流す不活性ガスである押圧ガスは、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>ガスを単独で、あるいはこれ等の混合ガスを使用する。この方向に噴射される押圧ガスは、反応ガスの方向を基板に向かう方向に変えるものであるから、反応ガスに害をおよぼさない全ての不活性なガスを使用できる。

基板に上から垂直に押圧ガスを流す副噴射管は、好ましくは、下方に向かって太くなる円錐形に成形される。この形状の副噴射管で押圧ガスを噴射すると、反応ガスを均一に基板に向かって流すことができ、サファイア表面に均一にGa<sub>N</sub>を成長できる特長がある。

#### 【作用】

この発明の半導体結晶膜の成長方法は、第1図に示すように、反応ガスを基板1と平行ないしは傾斜して噴射し、さらに、不活性ガスである押圧ガスを基板1に向かう垂直方向に噴射して、反応ガスを基板1に吹き付ける方向に変更する。

以下、この発明の成長方法を実現する装置を示す第2図に基づいて、半導体結晶膜が成長される状態を説明する。

この図に示す装置を使用して、サファイア基板にGa<sub>N</sub>

を成長させるには、反応ガス噴射管 2 から TMG と、NH<sub>3</sub> と、H<sub>2</sub> とを混合した反応ガスを基板 1 と平行方向に流す。さらに、基板 1 の上部より、副噴射管 3 でもって、押圧ガスとして N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> の混合ガスを基板 1 に向けて垂直に流す。

サファイア基板 1 は、1000 ~ 1050 に加熱されたサセプター 4 に載せられて水平面で回転される。サセプター 4 は、下面の中心に垂直に固定されたシャフト 5 で回転される。反応容器 6 内の成長圧力は大気圧に調整されている。

#### 【実施例】

以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、この発明の技術思想を具体化するための方法を例示するものであって、この発明の方法は、成長条件や使用する装置の構造を下記のものに特定するものでない。この発明の半導体結晶膜の成長方法は、特許請求の範囲に記載の範囲に於て、種々の変更を加えることができる。

さらに、実施例を説明する前に、この発明の成長方法に使用できる装置を説明する。

第 2 図に示す半導体結晶膜の成長装置は、GaN、AlN、InN あるいはこれ等の混晶のエピタキシャル膜を、MOCVD 法で成長させる装置であって、反応容器 6 と、サセプター 4 と、ヒータ 7 と、反応ガス噴射管 2 と、副噴射管 3 とを備えている。

反応容器 6 は、ステンレスでもって、外気から遮断できる閉鎖された形状に作られている。反応容器 6 は、図示しないが、サファイアの基板 1 を出し入れする出入口が設けられている。出入口は、気密に閉塞できる蓋が取り付けられている。さらに、反応容器 6 には、内部のガスを排気する排気口 8 が開口されている。排気口 8 は、真空ポンプ（図示せず）に連結されており、真空ポンプでガスが強制的に排気される構造となっている。

サセプター 4 は、上面が水平で、それ自体が水平面内で回転が自在にできるようになっており反応容器 6 内に配設されている。したがって、サセプター 4 は、例えば直径が 30 ~ 100mm、高さが 30 ~ 50mm の円柱状で、下面の中心に垂直にシャフト 5 で固定されている。

サセプター 4 は、下面に配設されたヒータ 7 によって 1000 以上に加熱される。サセプター 4 は耐熱性があり、しかも、加熱状態において反応容器 6 内のガスを汚染しない物質、例えば、炭素の表面を炭化硅素でコーティングした材質で作られる。

ヒータ 7 は、サセプター 4 の下方に、接近するが接触しないように配設されており、サセプターに内蔵された温度センサー（図示せず）で制御されて、サセプター 4 を設定温度に過熱する。

反応ガス噴射管 2 は、サセプター 4 の上に載せられた基板 1 の上面に、反応ガスを噴射する。したがって、反応ガス噴射管 2 は、反応容器 6 を、水平ないしは多少傾

斜して気密に貫通して固定されている。反応ガス噴射管 2 は、先端を基板 1 の近傍まで延長している。

反応ガス噴射管 2 は、水素と、アンモニアガスと、トリメチルガリウム（TMG）または、トリメチルアルミニウム（TMA）ガスを、基板 1 の表面に向かって噴射する。

このように GaAlN の原料となる Ga 源ガスと Al 源ガスと N 源ガスとを一緒にして、反応ガスとして基板に対して平行方向若しくは傾斜した方向で吹き付けると、原料ガスが均一に基板表面で広がり膜質の安定した結晶を成長させることができる。しかも押圧ガスで反応ガスが熱対流により拡散しないようにしているので、基板の上にガスを薄い状態で広げることができる。

副噴射管 3 は、反応容器 6 の上面を気密に貫通して固定されている。副噴射管 3 は、上から下に向かって、水素や窒素等の不活性ガスを基板 1 に向けて噴射する。副噴射管 3 は、不活性なガスを基板 1 の上面に均一に吹き付けることができるように、下方に向かって開口面積が大きくなるテーパ状をしている。

20 テーパ状とした副噴射管は、押圧ガスが効果的に副噴射管の壁を伝って、基板表面に垂直にガスが供給できるようにする作用がある。また、反応中は不活性ガスが常時副噴射管内を流れているので、反応ガスの未反応物、副生成物が副噴射管内部に付着することがなく、押圧ガスの流速、方向を変えることがない。従って常時安定した反応を行うことができる。

副噴射管 3 の下端開口部は、基板 1 の大きさにほぼ等しく設計される。さらに、副噴射管 3 の下端は、基板 1 の上面に接近して開口される。

30 第 2 図に示す半導体結晶膜の成長装置を使用して、下記の状態では窒素化合物である半導体結晶膜を成長させる。

#### [ 実施例 1 ]

下記の工程でサファイア基板の C 面に GaN を成長させる。

① 洗浄してきれいな 2 インチ のサファイア基板 1 をサセプター 4 の上に載せる。

② ステンレス製の反応容器 6 内の空気を真空ポンプで排気して、内部を H<sub>2</sub> で置換する。

40 ③ その後、H<sub>2</sub> ガスを、反応ガス噴射管 2 と副噴射管 3 から反応容器 6 に供給しながら、サセプター 4 を 1150 まで上昇する。

④ その後、この状態を 10 分間保持し、サファイア基板表面の酸化膜を除去する。

⑤ 次に、基板 1 の温度を 1000 まで下げて安定するまで待つ。

⑥ 続いて、反応容器 6 上部の副噴射管 3 から水素と窒素とを供給し、水平の反応ガス噴射管 2 からは、アンモニアガスと水素ガスとを供給する。

50 副噴射管 3 から反応容器 6 に供給する水素ガスの流量

は、5リットル/分、窒素の流量は5リットル/分とする。反応ガス噴射管2から供給するアンモニアガスの流量は5リットル/分、水素ガスの流量は1リットル/分に調整し、この状態で、温度が安定するまで待つ。

窒化物半導体は成長温度が1000以上と高い。MOCVD法のように、常圧で結晶成長させる方法では基板の上に相当の熱対流が生じる。そのため、本実施例のように、反応ガスの流量よりも、副噴射管から流す押圧ガスの流量を多くすることにより、熱対流を抑え反応ガスを基板に押しつけて、均一な結晶成長を行うことができる。

⑦ その後、反応ガス噴射管2からアンモニアと水素ガスに加えて、TMGガスを供給し始める。TMGガスの流量は、 $5.4 \times 10^{-5}$ モル/分とする。この状態で、成長が開始され、60分間成長させる。この成長過程において、サセプター4を5rpmで回転させる。

冷却後、得られた基板を反応容器6から取り出し、ノマルスキー顕微鏡により膜厚分布を観測した。その結果半導体結晶膜の膜厚は面内で $4 \mu\text{m} \pm 10\%$ に入っており、非常に均一であった。

さらに、この実施例1で得られたGaNはキャリア濃度が $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、ホール移動度が $250 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であった。

一般にホール測定において、キャリア濃度が低いほどキャリアとなる不純物濃度が低いか、またはキャリアとなる格子欠陥が少ないと考えられ、さらにホール移動度はその値が大きいか、キャリアを散乱する不純物濃度、または格子欠陥が少ないと考えられている。通常、GaNの結晶ではN空孔がn型キャリアの起源とされており、一般的な電子キャリア濃度は $2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 、ホール移動度はおよそ $50 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ とされており、この発明の方法で得られたGaN結晶は、このN空孔の発生を抑えることができたため、移動度が5倍も高く結晶性が非常に優れている。

また、装置の上部の副噴射管は全く汚れずに綺麗であった。さらに、この装置で2回以上続けて反応させても、成長された半導体結晶膜の表面に全くGaは付かなかった。

#### [ 実施例 2 ]

下記の工程で、サファイヤ基板の表面にAINをバッファ層として成長させ、その後GaNを成長する。

①~④ 実施例1に同じ。

⑤ 次に、基板1の温度を600までゆっくりと下げる。

基板1の温度が600になると、上部の副噴射管3から $\text{H}_2$ を、反応ガス噴射管2からはアンモニアガスと水素とトリメチルアルミニウム(TMA)ガスとを供給する。

副噴射管3から供給する水素の流量は15リットル/分とする。反応ガス噴射管2から供給するアンモニアガスの流量は5リットル/分、水素の流量は1リットル/分、TMAガスの流量は $1 \times 10^{-5}$ モル/分とする。

この状態を1分間続けて、サファイヤ基板1の表面にAINのバッファ層を成長させる。

⑥ 次にTMAガスの供給のみを停止して、他のガスを供給しながら、基板1の温度を1000まで上昇させる。

⑦ 基板1が1000に加熱された後、TMAに代わって、TMGガスを $5.4 \times 10^{-5}$ モル/分の流量で供給して、60分間でGaNを成長させる。

この時、副噴射管3と反応ガス噴射管2からは、水素とアンモニアガスとを前述の流量で供給する。

10 また、この成長過程において、サセプター4は5rpmで回転させる。

成長後、反応容器6から基板1を取り出して、ノマルスキー顕微鏡で観察した。その結果この実施例2で得られた半導体結晶膜は、2インチのサファイヤ基板1全面に成長されており、その表面は鏡面で、膜厚は2インチ基板1全面で $5 \mu\text{m} \pm 10\%$ であった。

また、ホール測定を行うとキャリア濃度 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、ホール移動度 $350 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であり、結晶性に優れたものが得られた。

20 さらに、この方法の装置で2回以上続けて反応しても、反応ガス噴射管からGaが基板1上に飛んできておらず、基板1上には全くGa粒が付かなかった。また上部の副噴射管も全く汚れなかった。

ちなみに、AINバッファ層をGaNの成長前に形成するとGaNの結晶性が格段に向上することが知られているが、そのAINをバッファ層とする従来の方法で得られたものは、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、ホール移動度 $250 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ であった。

#### [ 実施例 3 ]

30 下記の工程で、サファイヤ基板のC面にInGaNを成長する。

①~④ 実施例1に同じ。

⑤ 次に、基板1の温度をゆっくりと550まで下げて安定するまで待つ。

⑥ 続いて、上部の副噴射管3から水素と窒素とを、反応ガス噴射管2からは、アンモニアガスと水素とTMGとトリメチルインジウム(TMI)ガスとを供給する。

副噴射管3から供給する水素の流量は5リットル/分、窒素の流量は5リットル/分とする。

40 反応ガス噴射管2から供給するアンモニアガスの流量は5リットル/分、水素の流量は1リットル/分、TMGガスの流量は $2.2 \times 10^{-6}$ モル/分、TMIガスの流量は $1.5 \times 10^{-7}$ モル/分とする。

この状態を120分続けて、サファイヤ基板1の表面に、 $\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ の混晶膜を成長させる。

成長後、基板1を反応容器6から取り出し膜厚を観測した。その結果、2インチ基板1全面にわたって、膜厚が $2 \mu\text{m} \pm 10\%$ のInGaNが成長されていた。

50 なおこの試料のホール測定を行うと抵抗率が $10^9 \cdot \text{cm}$ 以上であり測定不可能であるため、フォトルミネッセ

ンスの測定によって結晶性の評価を行った。

一般にInGa<sub>N</sub>結晶の抵抗率は非常に高く、ホール測定はほとんど不可能である。従って、結晶性の評価法としてフォトルミネッセンスの測定を行うのが通常である。また、InGa<sub>N</sub>結晶においては、室温で440nm付近の青色のフォトルミネッセンスの発光は観測されにくいので、液体窒素、液体ヘリウム等で冷却して測定される。にもかかわらず、この発明の方法によるInGa<sub>N</sub>結晶は室温で440nmの発光を観測することができた、このことは、この結晶性が非常に優れたことを示すものである。

#### [従来法によるGa<sub>N</sub>の成長]

この発明の方法で得られた半導体結晶膜を従来品と比較するために、下記の工程でサファイヤ基板の表面にGa<sub>N</sub>を成長させた。

成長装置には、第3図に示す構造のものを使用した。この図に示す装置は、サファイヤ基板1の上に、基板1から10mm離して、内径が8mmの細い反応ガス噴射管2を垂直に固定する。

- ① 洗浄してきれいな2インチのサファイヤ基板1(C面)を、サセプター4の上に載せる。
- ② ステンレス製の反応容器6を真空ポンプで排気して、内部をH<sub>2</sub>で置換する。
- ③ その後、H<sub>2</sub>ガスを、反応ガス噴射管2から反応容器6に供給しながら、サセプター4を1150℃まで上昇する。
- ④ その後、この状態を10分間保持し、サファイヤ表面の酸化膜を除去する。
- ⑤ 次に、基板1の反応温度を1000℃まで下げて安定するまで静置する。
- ⑥ 続いて、反応ガス噴射管2から、アンモニアガスと水素ガスとを供給する。

反応ガス噴射管が噴射するアンモニアガスの流量は5リットル/分、水素ガスの流量は1リットル/分に調整し、この状態で、温度が安定するまで待つ。

- ⑦ その後、反応ガス噴射管2から、アンモニアと水素ガスに加えて、TMGガスを供給し始める。TMGガスの流量は、 $2.7 \times 10^{-5}$ モル/分とする。この状態で、成長が開始され、30分間成長させる。この成長過程において、サセプター4を5rpmで回転させる。

成長後、基板1を反応容器6から取り出して膜厚を観測すると、2インチのサファイヤ基板1の中心部に、約8mmのGa<sub>N</sub>が7μm成長しており、それより外側の領域はほとんど成長しなかった。

また、この方法は、1回の反応で反応容器6に設けられた上部の石英窓が真っ黒になり、内部が見えなくなった。

さらに、この装置で続けて2回目の反応を行うと、サファイヤ基板1の中心8mmの成長領域に多数Gaが付着しており、このGaが付着しているところはGa<sub>N</sub>が成長しておらず、非常に歩留が悪かった。

#### 【発明の効果】

この発明の半導体結晶膜の成長方法は、結晶性の良い状態で成長させるのが極めて難しいとされる窒化物半導体等の半導体結晶膜を、優れた結晶状態に成長できる特長を実現する。それは、本発明の半導体結晶膜の成長方法が、基板に対して平行ないし傾斜する方向と、基板に対して実質的に垂直な方向からガスを供給することに加えて、基板の表面に平行ないし傾斜する方向には反応ガスを供給し、基板の表面に対して垂直な方向には、反応ガスを含まない不活性ガスの押圧ガスを供給して、押圧ガスでもって、基板の表面に平行ないし傾斜する方向に供給される反応ガスを基板表面に吹き付ける方向に方向を変更させて、半導体結晶膜を成長させるからである。

たとえば、基板と平行な方向と垂直な両方向に反応ガスを供給する従来の半導体結晶膜の成長方法は、供給された反応ガスが、高温に加熱された基板による激しい熱対流のために拡散してしまう。このため、理想的な状態で反応して半導体結晶膜として成長できない。したがって、この方法で、たとえば、好ましい結晶状態に成長させるのが難しいとされる窒化物半導体を成長させると、窒素空孔が多くなり、結晶欠陥の多い半導体結晶膜となる。たとえば、この方法で成長された窒化物半導体層は、キャリア濃度が $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 前後、移動度が $75 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ のものしか得られない。

これに対して、本発明の実施例1の方法で成長された窒化物半導体は、キャリア濃度が $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、ホール移動度が $250 \text{cm}^2 / \text{V} \cdot \text{sec}$ と、従来の方法とは比較にならない極めて優れた結晶性を示した。本発明の成長方法が、このように、優れた結晶性の半導体結晶膜を成長できるのは、反応ガスを基板と平行に供給し、反応ガスを含まない不活性ガスである押圧ガスを、基板に垂直に供給するからである。この状態で基板に供給される反応ガスは、高温加熱の基板表面にできる激しい熱対流に起因する弊害を押圧ガスによって解消し、さらに、基板上で分解されて優れた結晶性の半導体結晶膜として成長される。

さらに、この発明の半導体結晶膜の成長方法で、サファイヤ基板の表面に半導体結晶膜を成長させると、外径が2インチのサファイヤ基板を使用して、その全体にGa<sub>N</sub>を成長できる。

これに対して、従来の方法は、2インチのサファイヤ基板を使用するにもかかわらず、表面に成長させた半導体結晶膜の有効面積は僅かに10mm以下にしかならない。

この発明の方法は、2インチのサファイヤ基板(C面)の全面に、均一に結晶膜を成長でき、一度に大きな半導体結晶膜を成長できて、工業用、産業用のメリットは非常に大である。

また、この発明の方法は、基板に押圧ガスを噴射する副噴射管は、何度反応しても全く汚れなかった。このた

め、副噴射管の外部に設けた赤外線放射温度計で、基板の温度をモニターすることができる。

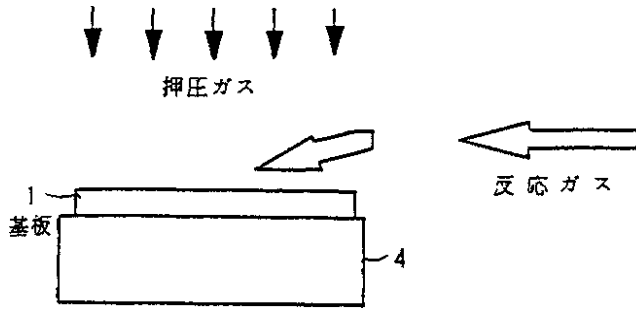
さらに、反応ガスを流す反応ガス噴射管をサセプターの横に配設することが可能となるので、この温度がほとんど上昇せず、Ga<sub>2</sub>Nの付着がほとんどなく、Gaメルトが反応中に基板に落ちて歩留を低下させることがない。

【図面の簡単な説明】

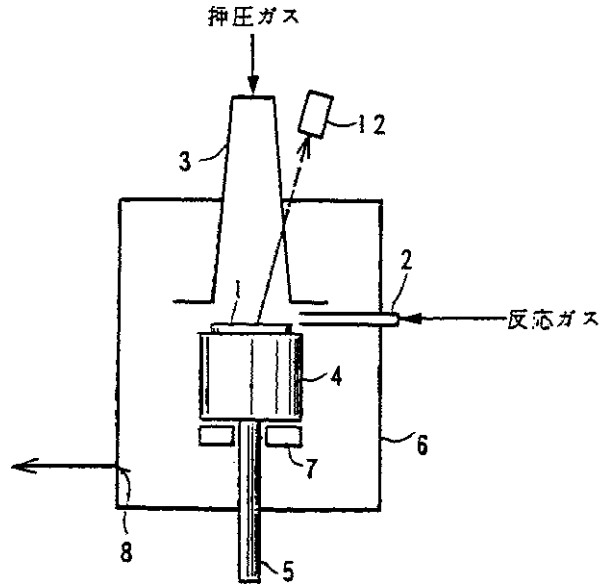
第1図はこの発明の方法を示すガスの流動方向を示す側面図、第2図はこの発明の方法に使用する半導体結晶膜の成長装置の概略断面図、第3図ないし第6図は従来の半導体結晶膜の成長装置の概略断面図である。

- 1.....基板、2.....反応ガス噴射管、3.....副噴射管、
- 4.....サセプター、5.....シャフト、6.....反応容器、
- 7.....ヒータ、8.....排気口、12.....放射温度計。

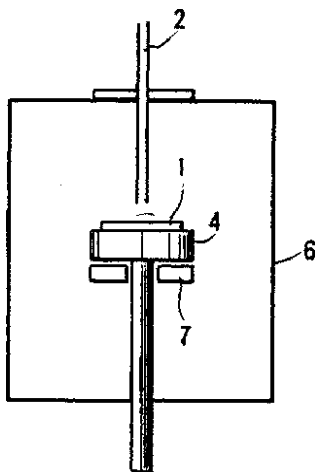
【第1図】



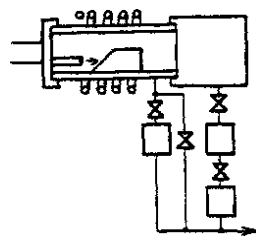
【第2図】



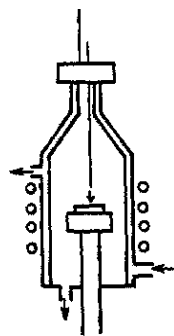
【第3図】



【第4図】



【第5図】



【第6図】

