

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3772621号
(P3772621)

(45) 発行日 平成18年5月10日(2006.5.10)

(24) 登録日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(51) Int. Cl.

F I

C 3 O B 25/10 (2006.01)

C 3 O B 25/10

C 2 3 C 16/44 (2006.01)

C 2 3 C 16/44

B

H O 1 L 21/205 (2006.01)

H O 1 L 21/205

請求項の数 19 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-26486 (P2000-26486)
 (22) 出願日 平成12年2月3日(2000.2.3)
 (65) 公開番号 特開2001-220288 (P2001-220288A)
 (43) 公開日 平成13年8月14日(2001.8.14)
 審査請求日 平成14年1月8日(2002.1.8)

(73) 特許権者 591007860
 株式会社日鉱マテリアルズ
 東京都港区虎ノ門2丁目10番1号
 (74) 代理人 100090033
 弁理士 荒船 博司
 (72) 発明者 中村 正志
 埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号
 株式会社日鉱マテリアルズ 磯原工場 戸
 田分室内
 (72) 発明者 鹿本 光宏
 埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号
 株式会社日鉱マテリアルズ 磯原工場 戸
 田分室内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気相成長方法および気相成長装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

反応炉内に設けられる基板保持台上に基板を設置し、該基板表面に所定の方向から原料ガスを供給して薄膜を形成させる気相成長方法において、

上記基板保持台を上記反応炉内の上方または下方の内壁に近接させて設け、上記基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁の温度が上記原料ガスの分解温度以下になるように制御すると共に、上記原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台の少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上であって上記基板の表面温度である成長温度より低い温度となるように制御することを特徴とする気相成長方法。

【請求項2】

上記薄膜は、エピタキシャル層であり、該エピタキシャル層は有機金属気相成長法で成長されることを特徴とする請求項1記載の気相成長方法。

【請求項3】

上記原料ガスは、トリメチルインジウム、トリメチルガリウム、アルシン、ホスフィン、水素を含む混合ガスであり、

上記基板保持台の少なくとも一部の領域の表面温度が400 以上600 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の気相成長方法。

【請求項4】

上記基板が、化合物半導体基板であることを特徴とする請求項1から請求項3の何れか

に記載の気相成長方法。

【請求項 5】

上記基板が、直径 2 インチ超であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の気相成長方法。

【請求項 6】

上記化合物半導体基板が、III - V 族化合物半導体から成る基板であり、上記エピタキシャル層が、III - V 族化合物半導体混晶を含むことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 の何れかに記載の気相成長方法。

【請求項 7】

上記 III - V 族化合物半導体から成る基板が、InP 基板であり、上記エピタキシャル層が、InP に 0.5 % 以内で格子整合する III - V 族化合物半導体混晶を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の気相成長方法。

10

【請求項 8】

上記 III - V 族化合物半導体混晶が少なくとも燐 (P) を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の気相成長方法。

【請求項 9】

反応炉内に設けられる基板保持台上に基板を設置し、該基板表面に所定の方向から原料ガスを供給して薄膜を形成させる気相成長装置において、

上記基板保持台が上記反応炉内の上方または下方の内壁に近接して設けられ、

上記基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁に、その表面温度が上記原料ガスの分解温度以下になる低温ゾーンを形成する低温ゾーン形成手段を設け、

20

上記原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台に、その少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上であって上記基板の表面温度となる成長温度より低い温度となる予熱ゾーンを形成する予熱ゾーン形成手段を設けたことを特徴とする気相成長装置。

【請求項 10】

上記低温ゾーン形成手段は、上記反応炉の周囲に設けられる冷却手段で構成されることを特徴とする請求項 9 に記載の気相成長装置。

【請求項 11】

上記基板保持台は円盤状に形成され、上記原料ガスは、上記反応炉内において、該基板保持台の中央部から周縁部に向かって流れるように構成され、

30

上記基板保持台は、上記予熱ゾーンに対応してカーボン、ステンレス合金、モリブデンまたはアルミニウム合金の何れかあるいはその組み合わせによって形成された円板と、その外側に設けられた断熱部材と、該断熱部材の外側に配設され前記基板を保持するカーボン製のサセプタとから形成されていることを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の気相成長装置。

【請求項 12】

上記基板保持台は円盤状に形成され、その中央部に接続される回転軸により回転され、上記原料ガスは、上記反応炉内において、該基板保持台の中央部から周縁部に向かって流れるように構成され、

40

上記回転軸は冷却手段により冷却されるように構成され、

上記基板保持台は、上記予熱ゾーンに対応してステンレス合金、モリブデンまたはアルミニウム合金の何れかあるいはその組み合わせで形成されて上記回転軸と接続される円板と、その外側に設けられたカーボン部材と、該カーボン部材の外側に設けられ前記基板を保持するカーボン製のサセプタとから形成されていることを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の気相成長装置。

【請求項 13】

上記薄膜は、エピタキシャル層であり、該エピタキシャル層は有機金属気相成長法で成長されることを特徴とする請求項 9 から請求項 12 の何れかに記載の気相成長装置。

【請求項 14】

50

上記エピタキシャル層が、化合物半導体混晶を含むことを特徴とする請求項 13 に記載の気相成長装置。

【請求項 15】

上記基板が、化合物半導体基板であることを特徴とする請求項 9 から請求項 14 の何れかに記載の気相成長装置。

【請求項 16】

上記基板が、直径 2 インチ超であることを特徴とする請求項 9 から請求項 15 の何れかに記載の気相成長装置。

【請求項 17】

上記化合物半導体基板が、III-V 族化合物半導体から成る基板であり、上記エピタキシャル層が、III-V 族化合物半導体混晶を含むことを特徴とする請求項 15 または請求項 16 に記載の気相成長装置。

10

【請求項 18】

上記III-V 族化合物半導体から成る基板が、InP 基板であり、上記エピタキシャル層が、InP に 0.5 % 以内で格子整合するIII-V 族化合物半導体混晶を含むことを特徴とする請求項 17 に記載の気相成長装置。

【請求項 19】

上記III-V 族化合物半導体混晶が少なくとも燐(P)を含むことを特徴とする請求項 18 に記載の気相成長装置。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、反応炉内に設けられる基板保持台上に基板を設置し、該基板表面に所定の方向から原料ガスを供給して薄膜を形成させる気相成長方法および気相成長装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガリウム砒素(GaAs)、インジウムリン(InP)などといった化合物半導体基板上へのエピタキシャル薄膜成長技術が非常に注目されている。

【0003】

即ち、エピタキシャル薄膜成長技術によれば欠陥の極めて少ない特性に優れた結晶層を形成でき、この薄膜を用いて半導体デバイスを作製するならば半導体デバイスの飛躍的な高性能化、小型化、高信頼性等を達成することができると期待されている。

30

【0004】

成長させる薄膜としては、インジウムガリウム砒素(InGaAs)、インジウムガリウムリン(InGaP)、アルミニウムガリウム砒素(AlGaAs)、インジウムアルミニウム砒素(InAlAs)、インジウムガリウム砒素リン(InGaAsP)等といったいわゆる混晶層が含まれる。

【0005】

これらのエピタキシャル膜を成長させる有効な方法として有機金属気相成長法がある。これは、トリメチルインジウム、トリメチルガリウム、トリエチルガリウム、トリメチルアルミニウムといったいわゆる有機金属とアルシン、ホスフィンといったガスをキャリアガスである水素とともに反応管内に導入し、基板上流部で熱分解させた後、成長温度となるように加熱された基板上で薄膜を成長させる方法である。

40

【0006】

なお、原料としてはアルシン、ホスフィンの代わりにトリメチル砒素、ターシャルブチルホスフィン等の有機金属を用いる場合もある。

これらの薄膜は、その用途から基板全面にわたって均一な混晶組成、膜厚を有することが求められる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

50

ところで、最近、化合物半導体基板が3インチ、4インチさらには6インチと大きくなり、より広い面積にわたって均一な混晶組成および膜厚の薄膜を成長させることが必要となってきた。

【0008】

特に、分解した気相中のガスの組成によって決定される混晶組成に関しては、各原料の熱分解速度が異なるため、一部の原料が下流側で枯渇するといったことが起こり易く、上流と下流でガスの組成が変化し、広い面積にわたり均一な組成を持つ薄膜を作製することは非常に困難である。

【0009】

これを解決するために、キャリアガスである水素の流量を増加させたり、反応容器内の圧力を下げることによって反応管内のガス流速を増加させ、上流と下流の原料ガスの組成の差を小さくするといった措置が考えられる。

【0010】

しかしながら、完全にガスの組成変化を無くすることは困難である。特に、大面積の基板を多数同時に処理できるような大型の気相成長装置になるほど大量のキャリアガスを要し、原料ガス濃度が低くなり、結果として反応効率が低くなるという問題がある。また、別の解決手段として以下の方法が提案されている（特開昭60-110116号公報参照）。この有機金属気相成長法においては、300～400 程度において原料の分解を行い、600～750 程度の成長温度において薄膜を成長させている。そして、原料の枯渇を防ぐために一般的には管壁を原料の分解温度以下に保てばよいとの考察のもとに、管壁全体を冷却することが好ましいとしている。

【0011】

しかしながら、本発明者等が実験したところ、実際には単純に管壁全体を冷却する方法では基板上流側で原料の分解反応を十分に起こすことができず、基板上でガスの分解反応と成長が同時に進行してしまうという難点があることが判明した。また、特に、原料によって分解の始まる温度条件にはバラツキがあるため、ガス組成の分布を均一にすることが難しいことも分かった。

【0012】

本発明は、上記問題点を解決すべくなされたものであり、大面積、特に2インチ超、即ち3インチ、4インチさらには6インチ等の基板を多数同時に処理する場合にも均一な組成の薄膜を成長させることのできる気相成長方法および気相成長装置を提供することを主な目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、反応炉内に設けられる基板保持台上に基板を設置し、該基板表面に所定方向から原料ガスを供給して薄膜を形成させる気相成長方法において、上記基板保持台を上記反応炉内の上方または下方の内壁に近接させて設け、上記基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁の温度が上記原料ガスの分解温度以下になるように制御すると共に、原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台の少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上であって上記基板の表面温度である成長温度より低い温度となるように制御することとしたものである。

【0014】

これにより、基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁の温度が原料ガスの分解温度以下となるので、この内壁に対向する基板保持台面内での原料ガスの分解、消費を抑制することができ、原料ガスの枯渇を低減することができる。また、原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台の少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上となっているので、上流側で原料ガスを十分に分解することができ、下流側における原料の枯渇を解消して、広い面積の基板においても均一な組成を持つ薄膜を作製することが可能となる。

【0015】

10

20

30

40

50

また、本発明に係る気相成長装置は、反応炉内に設けられる基板保持台上に基板を設置し、該基板表面に所定の方向から原料ガスを供給して薄膜を形成させる気相成長装置において、上記基板保持台が上記反応炉内の上方または下方の内壁に近接して設けられ、上記基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁に、その表面温度が上記原料ガスの分解温度以下になる低温ゾーンを形成する低温ゾーン形成手段を設け、上記原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台に、その少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上であって上記基板の表面温度となる成長温度より低い温度となる予熱ゾーンを形成する予熱ゾーン形成手段を設けるようにしたものである。

【0016】

これによれば、低温ゾーン形成手段により基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁に、その表面温度が上記原料ガスの分解温度以下になる低温ゾーンが形成されるので、基板上のエピタキシャル膜成長に寄与しない原料ガスの分解、消費を抑制することができ、原料ガスの枯渇を低減することができる。また、予熱ゾーン形成手段により原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台に、その少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上となる予熱ゾーンが形成されるので、この予熱ゾーンで原料ガスを十分に分解することができ、下流側における原料の枯渇を解消して、広い面積の基板においても均一な組成を持つ薄膜を作製することができる。

【0017】

なお、上記低温ゾーン形成手段は、上記反応炉の周囲に設けられる冷却手段の制御手段によって構成することができる。

【0018】

また、上記基板保持台は円盤状に形成され、上記原料ガスは、上記反応炉内において、該基板保持台の中央部から周縁部に向かって流れるように構成され、上記基板保持台は、上記予熱ゾーンに対応してカーボン、ステンレス合金、モリブデンまたはアルミニウム合金の何れかあるいはその組み合わせによって形成された円板と、その外側に設けられた断熱部材と、該断熱部材の外側に配設され前記基板を保持するカーボン製のサセプタとから形成されるようにしてもよい。

【0019】

また、上記基板保持台は円盤状に形成され、その中央部に接続される回転軸により回転され、上記原料ガスは、上記反応炉内において、該基板保持台の中央部から周縁部に向かって流れるように構成され、上記回転軸は冷却手段により冷却されるように構成され、上記基板保持台は、上記予熱ゾーンに対応してステンレス合金、モリブデンまたはアルミニウム合金の何れかあるいはその組み合わせで形成されて上記回転軸と接続される円板と、その外側に設けられたカーボン部材と、該カーボン部材の外側に設けられ前記基板を保持するカーボン製のサセプタとから形成するようにしてもよい。

【0020】

なお、上記薄膜は、エピタキシャル層であり、該エピタキシャル層は有機金属気相成長法で成長されるようにしてもよい。

【0021】

また、上記エピタキシャル層が、化合物半導体混晶を含むようにしてもよいし、上記基板が、化合物半導体基板であるようにしてもよく、また上記基板は直径2インチ超であってもよい。

【0022】

また、上記化合物半導体基板が、III-V族化合物半導体から成る基板であり、上記エピタキシャル層が、III-V族化合物半導体混晶を含むようにしてもよい。

【0023】

さらに、上記III-V族化合物半導体から成る基板が、InP基板であり、上記エピタキシャル層が、InPに0.5%以内で格子整合するIII-V族化合物半導体混晶を含むようにすることができ、前記III-V族化合物半導体混晶が少なくとも燐(P)を含むものとすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

以下に、本発明者等が、本発明に到るまでの考察内容及び研究経過について概説する。

【 0 0 2 5 】

まず、有機金属気相成長法においては、通常 3 0 0 ~ 4 0 0 程度において原料の分解を行い、6 0 0 ~ 7 5 0 程度の成長温度において薄膜を成長させる。また、原料の枯渇を防ぐためには反応管内で原料を十分に分解させた後、その分解された原料を基板以外の部分で消費することのないようにすることが重要である。

【 0 0 2 6 】

本発明者は、上記の点に留意して研究を重ねた結果、均一なガス組成を得るためには従来考えられていたような管壁全体の冷却ではなく、基板保持台と対向する部分の温度を十分に冷却することが重要であることを突き止めた。この部分の冷却が不十分であると対向面からの熱で原料の分解、消費が促進され、一部で原料の枯渇が起こり、上流と下流のガス組成の変動が起こりやすくなる。これに対し、基板と同一側の管壁、特に基板の上流側に相当する管壁では原料が十分に分解し、かつ下流において原料が枯渇しないよう適当な予熱条件であることが望まれる。原料の分解を起こすために少なくとも予熱部の一部は原料の分解温度よりも高くなっている必要がある。また、対向面の温度は原料の分解、消費の温度よりも十分に低いことが望まれる。

即ち、対向面自身が原料の分解、消費温度以下であったとしてもこの熱を順次得た原料ガスは結果として分解、消費をする温度に到達してしまうからである。そして、研究の結果、望ましい対向面の温度は原料（例えば、トリメチルガリウム、トリメチルインジウムを用いる場合）の分解温度約 3 0 0 よりも十分に低い 2 5 0 以下であると考えられる。

【 0 0 2 7 】

また、対向面の温度を上昇させる要因は加熱された基板保持台からの輻射熱および加熱されたガスからの熱伝導である。従来の反応装置においても管壁を冷却する手段が提案されていたが、加熱された基板保持台からの輻射熱の影響によって対向面の温度は上昇し易いことが分かった。本発明者の計算によれば、対向面裏側からの単純な水冷の場合、水の流れや対向面の材質によって対向面表面の温度は 1 0 0 程度から 6 0 0 近くまで変化するとの結果を得ている。このことより、管壁全体ではなく、対向面の表面温度を十分に冷却して低温度に保つ必要があることが分かった。これを実現するためには、例えば対向面にアルミニウムのような熱伝導率の良い材料を用いたり、冷却水の温度や水路を最適化する方法を採ることができる。また、冷媒の種類の検討も重要である。

【 0 0 2 8 】

以上の研究結果に基づいて、本発明者は本発明を完成するに到ったものである。

【 0 0 2 9 】

【 発明の実施の形態 】

本発明に係る気相成長装置の実施形態について図面を参照して説明する。

【 0 0 3 0 】

ここに、図 1 は本実施形態に係る有機金属気相成長装置の構成例を示す概略断面図、図 2 は I n P 基板上に成長させるエピタキシャル膜の例を示す説明図、図 3 は本実施形態に係る有機金属気相成長装置の基板保持部の構成を示す概略断面図、図 4 は対向する内壁の冷却条件を変化させた場合の格子不整合分布を示すグラフ、図 5 は基板保持台の上流側の予熱条件を変化させた場合の格子不整合分布を示すグラフである。

【 0 0 3 1 】

図 1 中、符号 1 は、有機金属気相成長装置 R の反応炉である。この反応炉 1 は、上側の壁体 2 と下側の壁体 3 が所定の距離で平行に対向するように構成されている。なお、各壁体 2 , 3 は例えばステンレスで構成される。

【 0 0 3 2 】

反応炉 1 内には、上側の壁体 2 の内側に近接させて基板保持台 4 が回転軸 5 により回転可能に吊設されている。なお、図には現れていないが、回転軸 5 は水冷ジャケットにより冷却されるように構成されている。

10

20

30

40

50

【0033】

基板保持台4はカーボンで円盤状に形成され、中央部に材質を変えた予熱ゾーンPを構成するコア部Cが形成されている。なお、コア部Cの構成例は後述する。また、図上、基板保持台4の下面には基板保持部4aが複数形成され、各基板保持部4aにはInP基板Sが設置されている。

【0034】

下側の壁体3の中央部には原料ガスGの導入孔6が形成され、該導入孔6には外部から原料ガスGを供給するガス導入管7が接続されている。

【0035】

また、下側の壁体3の外壁の全面には、水冷ジャケット8が設けられている。この水冷ジャケット8の流量を適宜制御することにより、低温ゾーンLを構成する下側の壁体3の内壁の温度は、原料ガスの分解温度以下である250以下に抑えられる。なお、原料ガスGとしては、例えば、トリメチルインジウム、トリメチルガリウム、アルシン、ホスフィン、水素の混合ガスが用いられる。また、原料ガスの総流量は20～120l/min.（標準状態）である。

【0036】

一方、上側の壁体3の外壁の周縁部にも水冷ジャケット9が設けられている。また、回転軸5と水冷ジャケット9との間には、加熱用の多段ヒータ10が同心円状に配設されている。

【0037】

そして、上記回転軸5の水冷ジャケットと、周縁部の水冷ジャケット9の各流量および上記多段ヒータ10の給電量を適宜制御することにより、基板保持台4の予熱ゾーンPが原料ガスの分解温度以上に保持される。なお、ここでは、全ての領域を予熱ゾーンPとしたが、本発明の目的の範囲を逸脱しない範囲で該予熱ゾーンPを一部の領域としてもよい。

【0038】

反応炉1の側面には排気孔11が形成されている。そして、ガス導入管7を介して導入孔6より反応炉1内の導入された原料ガスGは、上流側としての基板保持台4の予熱ゾーンPで分解され、下流側としての基板保持台4の周縁部に流れ、InP基板S上にエピタキシャル膜を成長させた後、残った原料ガスがキャリアガスと共に排気孔11から外部へ排出されるようになっている。

【0039】

ここで、基板保持台4の予熱ゾーンPの具体的な構成例を図3を参照して説明する。なお、図3の各図は、反応管の中心で基板保持台を切断した右半分を示している。

【0040】

図3の(a)では、予熱ゾーンPを構成するコア部Cを、カーボンまたはステンレス合金、モリブデン、アルミニウム合金等で形成している。これにより、熱伝導率が他の部位より高くなり、回転軸5の冷却ジャケットの冷却水の流量の制御および多段ヒータ10の通電量の制御により、予熱ゾーンPの温度を原料ガスの分解温度以上に保つことができる。

【0041】

また、コア部Cに隣接してその外側に石英ガラス製の断熱部材4bを介在させて、コア部Cの熱が周縁に伝導するのを抑制している。さらに、この断熱部材4bに隣接してカーボン製の基板保持部材12が係合され、該基板保持部材12にはInP基板Sが落下しないように保持されている。また、基板保持部材12の外側に隣設されている外縁部材4cはカーボンで形成されている。

【0042】

図3の(b)では、予熱ゾーンPは、ステンレス合金、モリブデンまたはアルミニウム合金等で構成され回転軸5の下端に位置する第1コア部C1と、該第1コア部C1に隣接してその外側に設けられているカーボン製の第2コア部C2とから構成されている。なお、断熱部材4bはなく、第2コア部C2の外側に基板保持部材12と外縁部材4cが設けら

10

20

30

40

50

れている。これにより、第1コア部C1は回転軸5の冷却ジャケットにより冷却され易くなり、冷却ジャケットの流量の制御および多段ヒータ10の通電量の制御により、予熱ゾーンPの温度を原料ガスの分解温度以上に精度よく保つことができる。しかも、リング状断熱部材4bの代わりに第1コア部C1よりも熱伝導率の低い第2コア部C2を設けているため、外側に向かって緩やかに温度を変化させることが可能である。

【0043】

図3の(c)では、予熱ゾーンPを構成するコア部Cは、モリブデンやアルミニウム合金よりも熱伝導率が若干低いステンレス等で形成される。このコア部Cの上面には水冷ジャケット13が設けられている。これにより、回転軸5の冷却ジャケットの流量の制御および多段ヒータ10の通電量の制御により、予熱ゾーンPの温度を精度よく原料ガスの分解

10

【0044】

以上が本実施形態に係る有機金属気相成長装置の概略構成である。

【0045】

次に、当該有機金属気相成長装置によりエピタキシャル膜を成長させる手順を簡単に説明する。

【0046】

本実施形態では、図2に示すように、直径4インチのInP基板S上に、厚さ0.1μmのInP膜、厚さ0.5μmのGaInAs膜、厚さ0.5μmのInP膜を順次エピタキシャル成長させる。

20

【0047】

まず、反応炉1の多段ヒータ10に通電を開始すると共に、各水冷ジャケット8, 9における冷却水の循環を開始する。

【0048】

反応炉1内が十分に加熱された状態で、原料ガスGの供給を開始し、成長温度650、成長圧力50torr、原料ガスの総流量20~120l/min. (標準状態)の条件となるように制御する。

【0049】

この際に、低温ゾーンLとしての下側の壁体3の内壁の温度が、原料ガスGの分解温度以下である100~250となるように水冷ジャケット8の流量を制御する。また、基板保持台4の予熱ゾーンPの温度が、原料ガスGの分解温度以上、具体的には400~600となるように、水冷ジャケット9および回転軸5の水冷ジャケットの流量と、多段ヒータ10の通電量を制御する。

30

【0050】

これにより、原料ガスGは、下側の壁体3の内壁に接触しても分解されることがなく、下側の壁体3など不所望な部位に原料ガスによる結晶が成長することを防止でき、基板上のエピタキシャル膜の成長に寄与しない原料ガスの消費を抑えることができる。また、InP基板Sにおけるガス流路の上流側に相当する予熱ゾーンPに接触した原料ガスGは効率良く分解されて、下流側に流れるのでエピタキシャル膜の成長に必要な原料が下流側で枯渇する事態を有効に解消することができる。

40

【0051】

ここで、本発明に係る気相成長方法および気相成長装置の有効性を確認するために比較実験の結果を示す。

【0052】

まず、低温ゾーンLを設けることの有効性を確かめるために、下側の壁体3の内壁の温度を原料ガスの分解温度以下である100~250とした条件Aと、原料ガスの分解温度以上である350~500とした条件BとでInP基板にInPのエピタキシャル膜をそれぞれ成長させる比較実験を行った。その結果は図4の格子不整合分布を表すグラフに示す通りである。このグラフにおいて、縦軸は格子不整合(%)、横軸は反応管中心からの距離(mm)であり、ガスの流路では左側が上流、右側が下流に相当する。

50

【 0 0 5 3 】

この結果から、条件 B では下流側に行く程、格子不整合度が変化してしまうことが分かる。一方、条件 A では上流側と下流側で格子不整合度は略一定であり、基板の全面で均一な組成のエピタキシャル膜を成長させることができ、特に 2 インチ超でその効果が顕著であることを確認できる。即ち、気相成長装置 R において本実施形態で述べたような低温ゾーン L の形成は、I n P 基板 S の全面で均一な組成のエピタキシャル膜を成長させるのに有効である。

【 0 0 5 4 】

次に、予熱ゾーン P を設けることの有効性を確認するために、基板保持台において面内の温度を原料ガスの分解温度以下 (2 5 0 以下) として予熱ゾーン P を設けない場合 (条件 C) と、予熱ゾーン P をガス流路の上流側に形成する場合 (条件 D) とで I n P 基板に I n P のエピタキシャル膜を成長させる比較実験を行った。

10

【 0 0 5 5 】

その結果は、中心から 1 6 0 m m までの上流側での格子不整合分布を表すグラフ (図 5) に示す通りである。このグラフにおいて、縦軸は格子不整合 (%)、横軸は反応管中心からの距離 (m m) であり、ガスの流路では左側が上流、右側が下流に相当する。

【 0 0 5 6 】

この結果から、条件 C では反応管中心からの距離が 1 6 0 m m までの領域で、格子不整合度が大きく変化してしまうことが分かる。これは、上流側において原料ガスの分解が十分に行われなためと考えられる。

20

【 0 0 5 7 】

一方、条件 D では上流側と下流側で格子不整合率は反応管中心からの距離が 1 0 0 ~ 1 6 0 m m までは略一定である。

【 0 0 5 8 】

従って、気相成長装置 R において本実施形態で述べたような予熱ゾーン P の形成は、I n P 基板 S の全面で均一な組成のエピタキシャル膜を成長させるのに有効であり、特に上述の低温ゾーン L を併設することにより、一層均一な組成のエピタキシャル膜を得ることができるという相乗効果を期待できる。

【 0 0 5 9 】

以上の結果より、原料ガスの流路の下流側で原料が枯渇し易い大面積の基板を多数同時に処理できるような大型の気相成長装置において、本実施形態に示したような低温ゾーン L と予熱ゾーン P の併設が均一な組成の薄膜を成長させるために有効であるということが出来る。

30

【 0 0 6 0 】

また、本実施形態では、I n P 基板 S 上に I n P 膜や G a I n A s 膜を成長させる場合について説明したが、熱分解反応によって生じた原料によって薄膜成長を行う有機金属気相成長法により、I n P 基板上に G a A s I n P を成長させる場合や、G a A s 基板上に G a I n A s、I n G a P 膜、A l G a A s 膜、I n A l A s 膜を成長させる場合、あるいは他の化合物半導体基板上混晶成長にも適用可能であると考えられるが、I n P 基板の場合、上記エピタキシャル層が I n P に 0 . 5 % 以内で格子整合する III - V 族化合物半導体混晶を含むものが好ましく、前記混晶が少なくとも燐 (P) を含む場合が特に好ましい。

40

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態では、基板保持台 4 を回転軸 5 で吊し、基板 S の成長面を下側に向ける所謂フェイスダウン型について説明したがこれに限られるものではなく、基板保持台を下側に設け、その上に載置した基板の成長面を上側に向けるフェイスアップ型にも適用できることは云うまでもない。その場合には、低温ゾーン L や予熱ゾーン P 等の位置関係などは上下が逆になるなどするが、その設計変更は当業者にとって容易である。

【 0 0 6 2 】

なお、本実施形態では、対向する側は反応管の内壁であったがインナー管のようなものを

50

反応管内に入れ、それを冷却するようにしてもよいことは勿論である。

【 0 0 6 3 】

【発明の効果】

本発明によれば、反応炉内に設けられる基板保持台上に基板を設置し、該基板表面に所定の方向から原料ガスを供給して薄膜を形成させる気相成長方法において、上記基板保持台を上記反応炉内の上方または下方の内壁に近接させて設け、上記基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁の温度が上記原料ガスの分解温度以下になるように制御すると共に、原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台の少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上となるように制御するようにしたので、基板保持台と対向し、上記原料ガスに接触する内壁の温度が原料ガスの分解温度以下となり、この内壁に対向する基板保持台面内での原料ガスの分解、消費を抑制することができ、原料ガスの枯渇を低減することができるという効果がある。また、原料ガスの流れの上流側に相当する位置における上記基板保持台の少なくとも一部の領域の表面温度が上記原料ガスの分解温度以上となっているので、上流側で原料ガスを十分に分解することができ、下流側における原料の枯渇を解消して、広い面積の基板においても均一な組成を持つ薄膜を作製することが可能となるという効果がある。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施形態に係る有機金属気相成長装置の構成例を示す概略断面図である。

【図 2】I n P 基板上に成長させるエピタキシャル膜の例を示す説明図である。

【図 3】本実施形態に係る有機金属気相成長装置の基板保持部の構成を示す概略断面図である。

20

【図 4】対向する内壁の冷却条件を変化させた場合の格子不整合分布を示すグラフである。

【図 5】基板保持台の上流側の予熱条件を変化させた場合の格子不整合分布を示すグラフである。

【符号の説明】

R 有機金属気相成長装置

1 反応炉

2 上側の壁体

3 下側の壁体

4 基板保持台

4 a 基板保持部

4 b 断熱部材

4 c 外縁部材

5 回転軸

6 ガス導入孔

7 ガス導入管

8 水冷ジャケット

9 水冷ジャケット

1 0 加熱ヒータ

1 1 排出孔

1 2 サセプタ

S 基板

1 2 基板保持部

C (C 1 , C 2) コア部

P 予熱ゾーン

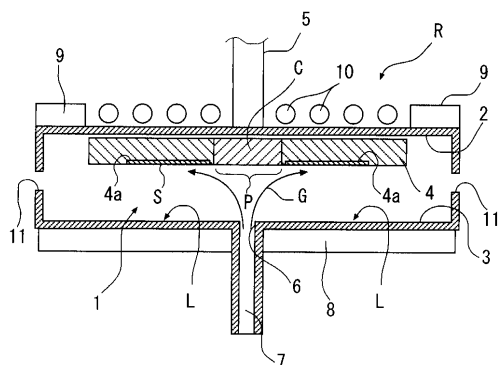
L 低温ゾーン

G 原料ガス

30

40

【 図 1 】

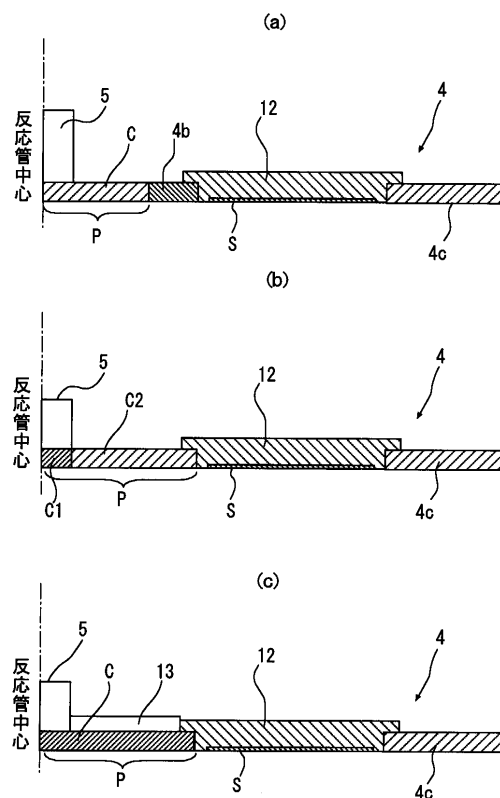


【圖 2】

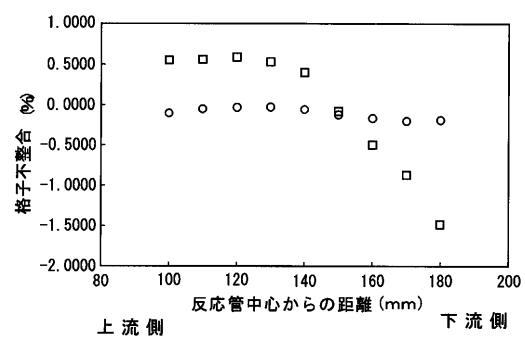
InP $0.5 \mu\text{m}$
GaInAs $0.5 \mu\text{m}$
InP $0.1 \mu\text{m}$
InP 基板

S

【 図 3 】

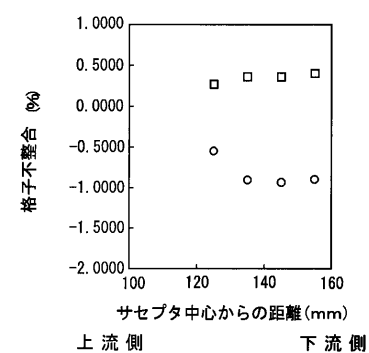


【 図 4 】



- 冷却条件 A
- 冷却条件 B

【 図 5 】



- 予熱ゾーン無 (条件 C)
- 予熱ゾーン有 (条件 D)

フロントページの続き

(72)発明者 川辺 学

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 株式会社日鉱マテリアルズ 磯原工場 戸田分室内

(72)発明者 牧野 修仁

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 株式会社日鉱マテリアルズ 磯原工場 戸田分室内

審査官 宮澤 尚之

(56)参考文献 特開平04-252022(JP,A)

特開平04-160094(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B 1/00-35/00

C23C 16/00-16/56

H01L 21/205