(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2010-67775
(P2010-67775A)
(43)公開日　平成22年3月25日(2010.3.25)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01L 21/205	(2006.01)	H01L	21/205	4K030
C23C 16/34	(2006.01)	C23C	16/34	5F045

審査請求 有　請求項の数 12　ＯＬ　（全 19 頁）

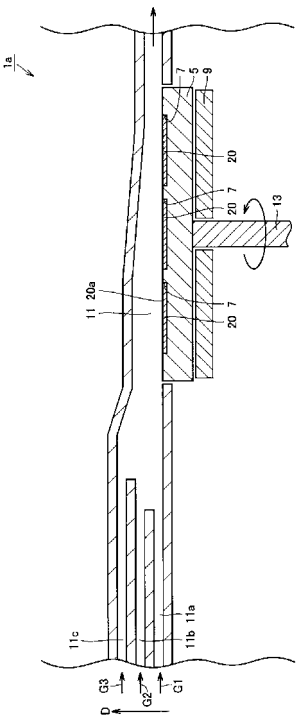
(21)出願番号　特願2008-232371 (P2008-232371)
(22)出願日　平成20年9月10日 (2008.9.10)

(71)出願人　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号
(74)代理人　100064746
弁理士　深見　久郎
(74)代理人　100085132
弁理士　森田　俊雄
(74)代理人　100083703
弁理士　仲村　義平
(74)代理人　100096781
弁理士　堀井　豊
(74)代理人　100098316
弁理士　野田　久登
(74)代理人　100109162
弁理士　酒井　將行

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)【要約】
【課題】成膜される膜の組成を均一にす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。
【解決手段】気相成長方法は、主表面２０ａを有する基板２０を準備する工程と、主表面２０ａに沿った方向に原料ガスを供給しながら、基板２０を加熱することにより主表面２０ａに膜を形成する工程とを備えている。膜を形成する工程では、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を主表面２０ａ上に供給するとともに、主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて第１のガス供給部１１ａより主表面２０ａから遠い側に位置する第２のガス供給部１１ｂから、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスＧ２を主表面２０ａ上に供給する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
主表面を有する基板を準備する工程と、
前記基板の前記主表面に沿った方向に原料ガスを供給しながら、前記基板を加熱することにより前記基板の前記主表面に膜を形成する工程とを備え、
前記膜を形成する工程では、
前記基板の前記主表面に垂直な方向において前記主表面に近い側に位置する第１のガス供給部からＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスを前記基板の前記主表面上に供給するとともに、
前記基板の前記主表面に垂直な方向において前記第１のガス供給部より前記主表面から遠い側に位置する第２のガス供給部から、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスを前記基板の前記主表面上に供給する、気相成長方法。
【請求項２】
前記膜を形成する工程では、
前記第１および第２のガス供給部から前記原料ガスを供給するとともに、前記基板の前記主表面に垂直な方向において前記第２のガス供給部より前記主表面から遠い側に位置する第３のガス供給部から、原料を含まないガスをさらに供給する、請求項１に記載の気相成長方法。
【請求項３】
前記膜を形成する工程では、前記膜として$Al_xGa_yIn_{(1-x-y)}N$（$0 \leqq x \leqq 1$、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq x+y \leqq 1$）を形成する、請求項１または２に記載の気相成長方法。
【請求項４】
前記膜を形成する工程では、前記膜としてAl_xGa_yN（$0<x<1$、$0<y<1$、$x+y=1$）、$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）および$Al_xIn_{(1-x)}N$（$0<x<1$）のいずれかを形成する、請求項３に記載の気相成長方法。
【請求項５】
前記膜を形成する工程では、前記膜として$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）を形成する、請求項４に記載の気相成長方法。
【請求項６】
前記膜を形成する工程では、前記第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素と、前記第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素とが同一である、請求項１～５のいずれかに記載の気相成長方法。
【請求項７】
前記膜を形成する工程では、前記第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類は、前記第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類よりも少ない、請求項６に記載の気相成長方法。
【請求項８】
前記膜を形成する工程では、前記第２原料ガスは前記第３原料ガスよりも熱分解しやすい、請求項６に記載の気相成長方法。
【請求項９】
前記膜を形成する工程では、前記第２原料ガスはトリメチルインジウムを含み、前記第３原料ガスはトリメチルガリウムとトリメチルインジウムとを含む、請求項１～８のいずれかに記載の気相成長方法。
【請求項１０】
反応室と、
前記反応室の内部に配置される主表面を有する基板を載置するサセプタと、
前記サセプタを介して前記基板を加熱するヒータと、
前記反応室に、前記基板の前記主表面に沿った方向から原料ガスを供給する原料ガス供給部とを備え、
前記原料ガス供給部は、

前記基板の前記主表面に垂直な方向において前記主表面に近い側に位置し、Ｖ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスを前記反応室に供給する第１のガス供給部と、

前記基板の前記主表面に垂直な方向において前記第１のガス供給部より前記主表面から遠い側に位置し、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスを前記反応室に供給する第２のガス供給部とを含む、気相成長装置。

【請求項１１】

前記原料ガス供給部は、

前記第２および第３原料ガスとしてのＩＩＩ族元素を含む原料を、前記第１および第２のガス供給部へそれぞれ供給するための分岐配管と、

前記分岐配管に設けられ、前記第１および第２のガス供給部への供給を選択するための切り替え部とをさらに含む、請求項１０に記載の気相成長装置。

【請求項１２】

前記サセプタを回転させる回転機構をさらに備えた、請求項１０または１１に記載の気相成長装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、気相成長方法および気相成長装置に関し、より特定的にはＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体を有機金属気相成長法により成膜するための気相成長方法および気相成長装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

有機金属気相成長（MOCVD：Metal Organic Chemical Vapor deposition）法は、代表的な気相成膜法の一つであり、たとえばＩＩＩ族有機金属を気化させ、それを基板表面で熱的に分解させ、Ｖ族ガスと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、半導体装置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、チャンバと、チャンバ内に配置されたサセプタと、基板表面に反応ガスを流すための通路とを備えている。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、通路を通じて基板表面に有機金属のガスを導入することにより成膜が行なわれる。ここで、成膜される膜の厚さを均一にするために、ＭＯＣＶＤ装置には反応ガスを基板表面に沿って均一に流すことが要求される。ＭＯＣＶＤ装置においては、反応ガスを基板表面に沿って均一に流すために、様々な通路形状が提案されてきた。

【０００４】

従来のＭＯＣＶＤ装置として、たとえば特開２００８－１６６０９号公報（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を備えたＭＯＣＶＤ装置が開示されている。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。通路において基板に最も遠い位置にH_2（水素）ガス、N_2（窒素）ガスなどのパージガスが用いられ、それよりも基板に近い位置に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）などのＩＩＩ族元素を含む有機金属ガスとH_2ガス、N_2ガスなどのキャリアガスとの混合ガスが用いられ、それよりも基板に近い位置、つまり基板に最も近い位置にNH_3（アンモニア）などのＶ族元素を含むガスとH_2ガス、N_2ガスなどのキャリアガスとの混合ガスが用いられている。これらのガスがＭＯＣＶＤ装置に導入されると、互いに混合された反応ガスがサセプタにおいて載置面に平行に導入されて拡散され、サセプタによって加熱される。混合ガスに含まれる有機金属ガスは加熱によって分解し中間反応体となり、NH_3ガスと反応して窒化物半導体となる。その結果、窒化物半導体層が基板の表面に成膜される

。
【特許文献１】特開２００８－１６６０９号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
しかしながら、上記特許文献１に開示のＭＯＣＶＤ装置では、サセプタの上流側と下流側との各々において供給される反応ガスの条件が異なる。このため、成膜される膜の組成が均一でないという問題が生じていた。
【０００６】
したがって、本発明の目的は、成膜される膜の組成を均一にす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である。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明者は、鋭意研究の結果、従来の成膜された膜の組成が均一でなかったのは、有機金属ガスなどのＩＩＩ族元素を含む原料ガスが上流から下流にかけて単調に増加するように供給されることに起因していることを見い出した。すなわち、上流側ではＩＩＩ族元素を含む原料ガスがＶ族元素を含む原料ガスを十分に拡散できないので、ＩＩＩ族元素を含む原料ガスが基板に十分に到達することができない。このため、上流側ではＩＩＩ族元素が十分に供給されず、下流側に過剰に供給される。この結果、上流側と下流側とで、成膜される膜のＩＩＩ族元素の取り込み量、つまりＩＩＩ族元素の組成の差が大きくなってしまう。
【０００８】
そこで、本発明の気相成長方法は、主表面を有する基板を準備する工程と、基板の主表面に沿った方向に原料ガスを供給しながら、基板を加熱することにより基板の主表面に膜を形成する工程とを備えている。膜を形成する工程では、基板の主表面に垂直な方向において主表面に近い側に位置する第１のガス供給部からＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスを基板の主表面上に供給するとともに、基板の主表面に垂直な方向において第１のガス供給部より主表面から遠い側に位置する第２のガス供給部から、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスを基板の主表面上に供給する。
【０００９】
本発明の気相成長装置は、反応室と、反応室の内部に配置される主表面を有する基板を載置するサセプタと、サセプタを介して基板を加熱するヒータと、反応室に、基板の主表面に沿った方向から原料ガスを供給する原料ガス供給部とを備えている。原料ガス供給部は、基板の主表面に垂直な方向において主表面に近い側に位置し、Ｖ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスを反応室に供給する第１のガス供給部と、基板の主表面に垂直な方向において第１のガス供給部より主表面から遠い側に位置し、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスを反応室に供給する第２のガス供給部とを含む。
【００１０】
本発明の気相成長方法および気相成長装置によれば、基板の主表面に近い側に位置する第１のガス供給部から、Ｖ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスを基板の主表面上に供給し、基板の主表面に垂直な方向において第１のガス供給部より主表面から遠い側に位置する第２のガス供給部から、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを供給している。これにより、ＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスが上流側に位置する基板の主表面まで拡散する距離を短くすることができる。このため、上流側に位置する基板の主表面にもＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスを十分に供給することができる。また、第２のガス供給部からＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスも供給しているため、下流側に位置する基板の主表面にもＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを十分に供給することができる。したがって、上流から下流にかけて成膜される膜のＩＩＩ族元素の濃度を均一

にできる。その結果、成膜される膜の組成を均一にすることができる。

【００１１】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、第１および第２のガス供給部から原料ガスを供給するとともに、基板の主表面に垂直な方向において第２のガス供給部より主表面から遠い側に位置する第３のガス供給部から、原料を含まないガスをさらに供給する。

【００１２】

第３のガス供給部から供給される原料を含まないガスが基板の主表面から最も遠い側に供給されている。これにより、反応室においてサセプタの対向面に第１および第２原料ガスが供給されることを抑制できる。このため、反応室のサセプタの対向面に膜が堆積することを抑制することができる。

【００１３】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、膜として$Al_xGa_yIn_{(1-x-y)}N$（$0 \leqq x \leqq 1$、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq x+y \leqq 1$）を形成する。

【００１４】

従来より、Ａｌ（アルミニウム）、Ｇａ（ガリウム）およびＩｎ（インジウム）の少なくともいずれかを含む膜は、ＩＩＩ族元素の取り込まれる量に差が出やすかった。しかし、本発明によれば、第２原料ガスとしてＡｌ、ＧａおよびＩｎの少なくともいずれかを含むガスを第１ガス供給部から供給することにより、上記窒化物系化合物半導体を組成の均一化を向上して成膜することができる。

【００１５】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、膜としてAl_xGa_yN（$0<x<1$、$0<y<1$、$x+y=1$）、$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）および$Al_xIn_{(1-x)}N$（$0<x<1$）のいずれかを形成する。

【００１６】

これにより、第２原料ガスとしてＡｌ、ＧａおよびＩｎの少なくともいずれかを含むガスを第１ガス供給部から供給することにより、上記３元の窒化物系化合物半導体を組成の均一化を向上して成膜することができる。

【００１７】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、膜として$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）を形成する。

【００１８】

従来より、Ｉｎを含む膜を成膜させる場合に、Ｉｎの取り込まれる量を制御することは特に難しかった。しかし、本発明によれば、第２原料ガスとしてＩｎを含むガスを第１供給部から供給することにより、Ｉｎを均一に取り込んだ膜を成膜することができる。

【００１９】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素と、第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素とが同一である。

【００２０】

これにより、同じＩＩＩ族元素を取り込んだ膜を形成する際に、第２原料ガスを主に上流側に供給し、第３原料ガスを主に下流側に供給することができる。これにより、組成がより均一な膜を成膜することができる。

【００２１】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類は、第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類よりも少ない。

【００２２】

ＩＩＩ族元素を２種類以上含む膜を成長させる場合、ＩＩＩ族元素の種類により熱分解に差があっても、成膜させる膜の組成分布を調整することができる。

【００２３】

上記気相成長方法において好ましくは、上記膜を形成する工程では、第２原料ガスは第３原料ガスよりも熱分解しやすい。

【００２４】

第２原料ガスは第３原料ガスよりもサセプタで加熱される距離が短い。このため、第２原料ガスが第３原料ガスよりも熱分解されやすい場合、第２原料ガスはＩＩＩ族元素を上流側に供給しやすく、第３原料ガスはＩＩＩ族元素を下流側に供給しやすくなる。これにより、組成がより均一な膜を成膜することができる。

【００２５】

上記気相成長方法において好ましくは、上記形成する工程では、第２原料ガスはトリメチルインジウムを含み、第３原料ガスはトリメチルガリウムとトリメチルインジウムとを含む。

【００２６】

これにより、Ｉｎの組成（１－ｙ）をより均一にした$Ga_yIn_{(1-y)}N$（０＜ｙ＜１）を形成することができる。

【００２７】

上記気相成長装置において好ましくは、上記原料ガス供給部は、第２および第３原料ガスとしてのＩＩＩ族元素を含む原料を、第１および第２のガス供給部へそれぞれ供給するための分岐配管と、分岐配管に設けられ、第１および第２のガス供給部への供給を選択するための切り替え部とをさらに含む。

【００２８】

これにより、第１および第２のガス供給部に、１つの原料容器から供給することができる。このため、原料容器の数を減少することができるので、より簡略化した気相成長装置を実現することができる。

【００２９】

上記気相成長装置において好ましくは、サセプタを回転させる回転機構をさらに備えている。

【００３０】

回転機構によりサセプタを回転させながら膜を形成することにより、上流側と下流側とに供給される第１および第２原料ガスの供給量の差をより緩和することができる。このため、組成をより均一にした膜を成膜することができる。

【発明の効果】

【００３１】

以上説明したように、本発明の気相成長方法および気相成長装置によれば、成膜される膜の組成を均一にすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３２】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照符号を付しその説明は繰り返さない。

【００３３】

図１は、本発明の一実施の形態における気相成長装置としてのＭＯＣＶＤ装置の構成を示す断面図である。図２は、図１の原料ガス供給部付近の模式図である。図１および図２を参照して、本実施の形態におけるＭＯＣＶＤ装置１ａは、反応室としてのチャンバ３と、サセプタ５と、ヒータ９と、原料ガス供給部１１とを備えている。チャンバ３内にはサセプタ５とヒータ９と原料ガス供給部１１とが配置されている。原料ガス供給部１１は図１中横方向に延びており、原料ガス供給部１１の内部にはサセプタ５の載置面（図１では上面）が面している。

【００３４】

サセプタ５は、チャンバ３の内部に配置されている。このサセプタ５は円盤形状を有しており、同じく円盤形状を有するヒータ９上に配置されている。サセプタ５の下部には回転機構としての回転軸１３が取り付けられており、これにより、サセプタ５は原料ガス供

給部１１の内部に載置面が面した状態で回転可能となっている。サセプタ５の載置面には平面的に見て円形状を有する複数の溝７が形成されている。これらの溝７の各々に主表面２０ａを有する基板２０の各々が載置され、これにより基板２０が加熱される。サセプタ５の載置面にはたとえば７つの溝７が形成されており、これらの溝７の各々に円形の基板２０が載置される。ヒータ９は、サセプタ５を介して基板２０を加熱する。

【００３５】

原料ガス供給部１１は、チャンバ３に、基板２０の主表面２０ａに沿った方向から原料ガスＧ１、Ｇ２を供給している。つまり、原料ガス供給部１１は、基板２０の主表面２０ａに原料ガスＧ１、Ｇ２およびガスＧ３で構成される反応ガスを流すための通路である。本実施の形態の原料ガス供給部１１はサセプタ５の載置面に対して平行に延びており、原料ガスの流れ方向（図１中左側から右側へ向かう方向）に垂直な面で見ると矩形の断面形状を有している。また、原料ガス供給部１１は横型三層流方式であり、上流側（図１中左側）に第１のガス供給部１１ａと、第２のガス供給部１１ｂと、第３のガス供給部１１ｃとを含んでいる。

【００３６】

この第１のガス供給部１１ａは、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて主表面２０ａに近い側に位置している。第２のガス供給部１１ｂは、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて第１のガス供給部１１ａより主表面２０ａから遠い側に位置している。第３のガス供給部１１ｃは、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて第２のガス供給部１１ｂより主表面２０ａから遠い側に位置している。つまり、サセプタ５の載置面と垂直な方向Ｄにおいて、第１のガス供給部１１ａ、第２のガス供給部１１ｂ、第３のガス供給部１１ｃの順に、サセプタ５の載置面に近い。なお、第１～第３のガス供給部１１ａ～１１ｃの原料ガスＧ１、Ｇ２およびガスＧ３の出口の位置は、基板２０の主表面２０ａとに沿った方向、つまり原料ガスＧ１、Ｇ２およびガスＧ３の流れ方向において図１に示すように異なっていてもよく、同じであってもよい。

【００３７】

第１のガス供給部１１ａは、Ｖ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１をチャンバ３に供給する。原料ガスＧ１として、NH_3ガスなどのＶ族元素を含むガスと、H_2ガス、N_2ガスなどのキャリアガスとの混合ガスを用いることができる。第２のガス供給部１１ｂは、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスＧ２をチャンバ３に供給する。原料ガスＧ２として、トリメチルガリウム（ＴＭＧ）、トリメチルインジウム（ＴＭＩ）、またはトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）などのＩＩＩ族元素を含む有機金属ガスと、H_2ガス、N_2ガスなどのキャリアガスとの混合ガスを用いることができる。第３のガス供給部１１ｃは、原料を含まないガスＧ３を供給する。ガスＧ３は、原料ガスＧ１、Ｇ２の反応を抑制するパージガスが好適に用いられる。ガスＧ３として、H_2ガス、N_2ガスなどのキャリアガスを用いることができる。

【００３８】

図２に示すように、原料ガス供給部１１には、種々のガスを内部に収容する容器１０１～１０７が配置されている。容器１０１は、NH_3などＶ族元素を含む第１原料ガスである。容器１０２、１０３は、N_2、H_2などのキャリアガスである。容器１０４～１０６は、それぞれＴＭＧ、ＴＭＩ、ＴＭＡなどＶ族元素を含む第２および第３原料ガスである。容器１０７は、シクロペンタジエニルマグネシウム（Cp_2Mg）などドーパントとなるガスである。なお、各原料ガス、キャリアガスおよびドーパントガスの配管には、流量を制御するためのマスフローコントローラーが設置されるが、図では省略されている。

【００３９】

原料ガス供給部１１には、容器１０１～１０３に収容されたガスを第１～第３のガス供給部１１ａ～１１ｃへそれぞれ供給するための配管１１１～１１３が設けられている。

【００４０】

容器１０４～１０６の内部に収容されているＩＩＩ族元素を含む第２および第３原料ガスを、第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂへそれぞれ供給するために、容器１０

４～１０６に接続された分岐配管１１４～１１６が設けられている。また容器１０７に収容されているドーパントガスを第１または第２のガス供給部１１ａ、１１ｂへそれぞれ供給するために、容器１０７に接続された分岐配管１１７が設けられている。この分岐配管１１４～１１７は、第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂにガスを供給するための配管１１１、１１２に接続されている。この分岐配管１１４～１１７には、第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂ、およびベント配管１２０への供給を任意に選択するための切り替え部１３４ａ～１３４ｃ、１３５ａ～１３５ｃ、１３６ａ～１３６ｃ、１３７ａ～１３７ｃが設けられている。なお、有機金属原料はキャリアガスを容器へ供給しバブリングさせて供給するが、容器の温度を一定に保つために恒温槽内で保持し容器内の圧力を一定に保つための圧力制御機構が設置される。これらは図では省略されている。

【００４１】

図３は、本実施の形態の変形例におけるＭＯＣＶＤ装置の構成を示す断面図である。図３に示すように、ＭＯＣＶＤ装置１ｂは、第３のガス供給部１１ｃは省略されていてもよい。この場合に、チャンバ３の基板２０の主表面２０ａ（サセプタ５の載置面）と対向する面（図１において上壁）に原料ガスＧ１、Ｇ２が供給されることにより膜が堆積することを抑制するためのパージ機構などの手段が設けられていることが好ましい。

【００４２】

なお、本実施の形態および変形例のＭＯＣＶＤ装置１ａ、１ｂでは、サセプタ５はチャンバ３の下方に配置されているフェースアップ方式であるが特にこれに限定されない。ＭＯＣＶＤ装置は、チャンバ３の上方にサセプタ５が配置されているフェースダウン方式であってもよい。

【００４３】

続いて、本実施の形態における気相成長方法としてのＭＯＣＶＤ法について説明する。本実施の形態では、図１および図２に示すＭＯＣＶＤ装置１ａを用いて、ＭＯＣＶＤ法によりＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体を成膜させる。

【００４４】

まず、主表面２０ａを有する基板２０を準備する。この工程では、たとえばＭＯＣＶＤ装置１ａにおいて、サセプタ５の載置面に基板２０が載置され、基板２０をサセプタ５に保持させる。準備する基板２０は特に限定されないが、たとえばＧａＮ（窒化ガリウム）基板を用いることができる。

【００４５】

次に、基板２０の主表面２０ａに沿った方向に原料ガスを供給しながら、基板２０を加熱することにより基板２０の主表面２０ａに膜を形成する。この膜を形成する工程では、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を基板２０の主表面２０ａ上に供給するとともに、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて第１のガス供給部１１ａより主表面２０ａから遠い側に位置する第２のガス供給部１１ｂから、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを含む原料ガスＧ２を基板２０の主表面２０ａ上に供給する。さらに、基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて第２のガス供給部１１ｂより主表面２０ａから遠い側に位置する第３のガス供給部１１ｃから、原料を含まないガスＧ３を供給する。

【００４６】

具体的には、ＭＯＣＶＤ装置１ａにおいては、サセプタ５の載置面に基板２０が載置された状態で、ヒータ９によってサセプタ５が加熱され、回転軸１３でサセプタ５が回転される。そして、第１～第３のガス供給部１１ａ～１１ｃの各々から原料ガスを構成する原料ガスＧ１、Ｇ２およびガスＧ３が導入される。原料ガスは上流側から下流側（図１中右方向）に流れていく。たとえばＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体層を成膜する場合、上述した原料ガスＧ１、Ｇ２が用いられる。これらの原料ガスＧ１、Ｇ２およびガスＧ３の各々が第１～第３のガス供給部１１ａ～１１ｃの各々へ導入されると、サセプタ５上において載置面に平行に導入されて拡散され、加熱されたサセプタ５により加熱される。第２および第

３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素を有するガスは加熱によって分解し中間反応体となり、同様に加熱によって分解した第１原料ガスに含まれるＶ族元素を有するガスの中間反応体と反応してＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体となる。その結果、ＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体が基板２０の主表面２０ａに成膜される。

【００４７】

この膜を形成する工程では、第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素と、第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素とが同一であることが好ましい。たとえばＩＩＩ族元素としてＩｎを含むガスが第２および第３原料ガスに含まれている。この場合、Ｉｎを含むガスは同じであっても異なっていてもよい。異なっている場合には、Ｉｎを含むガスとしてＴＭＩおよびトリエチルインジウム（ＴＥＩ）などを用いることができる。また図２に示すような分岐配管１１４～１１６および切り替え部１３４ａ、１３４ｂ、１３５ａ、１３５ｂ、１３６ａ、１３６ｂにより、第２および第３原料ガスを供給することができる。

【００４８】

また膜を形成する工程では、第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類は、第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類よりも少なくてもよい。たとえば、第１のガス供給部１１ａから１種類のＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスを供給し、第２のガス供給部１１ｂから２種類以上のＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを供給する。この場合、たとえば図２に示す切り替え部１３４ａ、１３４ｂ、１３５ａ、１３６ｂ、１３７ａ、１３７ｂにより、原料ガスのうち、容器１０４に収容されているＴＭＧを第２のガス供給部１１ｂのみに供給し、容器１０５に収容されているＴＭＩを第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂに供給する。

【００４９】

また膜を形成する工程では、第２原料ガスは第３原料ガスよりも熱分解しやすいことが好ましい。ここで、熱分解しやすいことは、たとえばダングリングボンドを有するＩＩＩ族元素（活性ＩＩＩ族元素）に分解されるために要する活性化エネルギーを値により判断することができる。たとえばＴＭＧ（Ｇａ（CH_3）$_3$）とトリエチルガリウム（ＴＥＧ：Ｇａ（C_2H_5）$_3$）とを比較する。Ｇａ（CH_3）$_3$→Ｇａ（CH_3）$_2$＋CH_3の反応に要する活性化エネルギーは５９．５ｋｃａｌであり、Ｇａ（C_2H_5）$_3$→Ｇａ（C_2H_5）$_2$＋C_2H_5の反応に要する活性化エネルギーは４７ｋｃａｌである。このため、ＴＥＧの方がＴＭＧよりも熱分解しやすい。またＴＭＡ（Ａｌ（CH_3）$_3$）とトリエチルアルミニウム（ＴＥＡ：Ａｌ（C_2H_5）$_3$）とを比較する。Ａｌ（CH_3）$_3$→Ａｌ（CH_3）$_2$＋CH_3の反応に要する活性化エネルギーは３７．９ｋｃａｌであり、Ａｌ（C_2H_5）$_3$→Ａｌ（C_2H_5）$_2$＋C_2H_5の反応に要する活性化エネルギーは２９ｋｃａｌである。このため、ＴＥＡの方がＴＭＡよりも熱分解しやすい。したがって、ＧａまたはＡｌを含む膜を形成する場合には、第１のガス供給部１１ａからＴＥＧ、ＴＥＡを供給し、第２のガス供給部１１ｂからＴＭＧ、ＴＭＡを供給する。また、Ｉｎを含む膜を形成する場合には、第１のガス供給部１１ａからＴＥＩ（トリエチルインジウム）を供給し、第２のガス供給部１１ｂからＴＭＩを供給する。

【００５０】

また、上述したように第２原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類は、第３原料ガスに含まれるＩＩＩ族元素の種類よりも少ない場合には、第２および第３原料ガスの熱分解しやすさを考慮して第２および第３原料ガスを決定することが好ましい。この場合、形成する膜のＩＩＩ族元素の組成の分布を制御できる。

【００５１】

膜として$Al_xGa_yIn_{(1-x-y)}N$（$0 \leqq x \leqq 1$、$0 \leqq y \leqq 1$、$0 \leqq x+y \leqq 1$）を形成することが好ましく、Al_xGa_yN（$0<x<1$、$0<y<1$、$x+y=1$）、$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）および$Al_xIn_{(1-x)}N$（$0<x<1$）のいずれかを形成することがより好ましく、$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）を形成することが最も好ましい。$Ga_yIn_{(1-y)}N$（$0<y<1$）を形成する場合には、第１のガス供給部１１ａからＴＭＩを供給し、第２のガス供給部１１ｂからＴＭＧとＴＭＩとを供給することが好ましい

。また原料ガスＧ１、Ｇ２と同時にドーパントガスを基板２０の主表面２０ａに供給することにより、ドーパントを含む膜を形成することもできる。

【００５２】

以上の工程を実施することにより、膜を形成することができる。本実施の形態では、サセプタ５に載置された基板２０の主表面２０ａに垂直な方向Ｄにおいて主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を基板２０の主表面２０ａ上に供給している。これにより、ＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスが第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスＧ１を拡散して基板２０の主表面２０ａに到達する従来の場合と比較して、ＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスが上流側に位置する基板２０の主表面２０ａまで拡散する距離を短くすることができる。このため、上流側でのＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスの濃度を高めることができ、上流側に位置する基板２０の主表面２０ａに第２原料ガスを十分に供給することができる。また、第２のガス供給部１１ｂからＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスも供給しているため、下流側に位置する基板２０の主表面２０ａにもＩＩＩ族元素を含む第３原料ガスを十分に供給することができる。したがって、上流から下流にかけて基板２０の主表面２０ａに供給されるＩＩＩ族原料の濃度を均一に供給できる。その結果、成膜される膜、特に複数の基板２０上に膜を成膜させる場合には、複数の膜間のＩＩＩ族元素の組成（組成比、モル比）の差を低減できる。よって、成膜される膜の組成を均一にすることができる。

【００５３】

このように成膜される膜の組成を均一にできると、平均として取り込まれるＩＩＩ族元素の組成を確保することができる。このため、下流側（サセプタ５を回転させる場合には外周側）で過剰にＩＩＩ族元素が取り込まれることを抑制することができる。これにより、ＩＩＩ族元素の組成の値が必要以上に大きくなることに起因した膜の結晶性の劣化を抑制することができる。特にＩｎの組成（１－ｙ）が大きな$Ga_yIn_{(1-y)}N$（０＜ｙ＜１）を成膜させる場合には、下流側（サセプタ５を回転させる場合には外周側）で、Ｉｎの組成（１－ｙ）の値が目標とする値よりも大きくなることを抑制できる。このため、形成する$Ga_yIn_{(1-y)}N$の結晶性を良好にできる傾向がある。

【００５４】

さらに、基板２０に近い側である第１のガス供給部１１ａからＶ族元素、特にＮ源を供給している。このため、成膜する膜質が良好になる。

【００５５】

さらには、上流側から十分な量のＩＩＩ族元素とＶ族元素とを基板２０に供給することができるので、従来よりも成膜が促進される。その結果として、成膜速度を向上することができる。

【００５６】

なお、本実施の形態ではＭＯＣＶＤ装置を用いてＭＯＣＶＤ法によりＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体膜を成膜させたが、特にこれに限定されない。たとえば、ＨＶＰＥ（Hydride Vapor Phase Epitaxy：ハイドライド気相成長）法などの気相成長法を採用することもできる。

【実施例１】

【００５７】

本実施例では、基板２０の主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を基板２０の主表面２０ａ上に供給することの効果について調べた。

【００５８】

（本発明例１）

本発明例１では、基本的に上述した図１に示すＭＯＣＶＤ装置１ａを用いて$Ga_yIn_{(1-y)}N$（０＜ｙ＜１）を形成した。

【００５９】

具体的には、まず、図１に示すＭＯＣＶＤ装置１ａのサセプタ５の載置面において中心よりも上流側と中心よりも下流側とに基板２０をそれぞれ載置した。なお、基板２０は、サファイア基板上にＧａＮを１．５μｍ成膜したエピタキシャル基板を事前に準備した。

【００６０】

次に、基板２０の主表面２０ａに近い側から順に原料ガスＧ１、Ｇ２およびガスＧ３を下記の表１に示す条件で供給しながら、サセプタ５が７５０℃になるようにヒータ９で加熱した。なお、回転軸１３によりサセプタ５を回転させなかった。成長圧力を１００ｋＰａとして、基板２０の主表面２０ａ上に$Ga_yIn_{(1-y)}N$を形成した。

【００６１】

なお、第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスＧ１は、第１原料ガスとしてのNH_3と、第２原料ガスとしてのＴＭＩと、キャリアガスとしてのN_2とであった。第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスＧ２は、第３原料ガスとしてのＴＭＧおよびＴＭＩと、キャリアガスとしてのN_2とであった。第３のガス供給部１１ｃから供給されるガスＧ３は、N_2であった。第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスＧ１の流量は３０ｓｌｍであり、第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスＧ２の流量は１５ｓｌｍであった。第３のガス供給部１１ｃから供給されるガスＧ３の流量は３５ｓｌｍであった。

【００６２】

第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩの供給量に対する第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスＧ１中のＴＭＩの供給量｛原料ガスＧ１のＴＭＩ／（原料ガスＧ１のＴＭＩ＋原料ガスＧ２のＴＭＩ）｝は、２２％であった。また、原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩと、原料ガスＧ２中のＴＭＧとの合計の供給量に対する原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩの供給量｛ＴＭＩ／（ＴＭＩ＋ＴＭＧ）｝は、５４％であった。第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２においてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１２３００であった。

【００６３】

（比較例１）

比較例１は、基本的には本発明例１と同様に成膜したが、第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給する原料ガスＧ１、Ｇ２が異なっていた。つまり、第１のガス供給部１１ａからはＩＩＩ族元素を含む原料ガスを供給しなかった。

【００６４】

具体的には、第１のガス供給部１１ａから供給する原料ガスは、NH_3およびN_2であった。第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスは、ＴＭＧ、ＴＭＩと、N_2とであった。第３のガス供給部１１ｃから供給されるガスは、N_2であった。第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスの流量は３０ｓｌｍであり、第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスの流量は１５ｓｌｍであった。第３のガス供給部１１ｃから供給されるガスの流量は３５ｓｌｍであった。第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスにおいて、ＴＭＩとＴＭＧとの合計の供給量に対するＴＭＩの供給量｛ＴＭＩ／（ＴＭＩ＋ＴＭＧ）｝は、５４％であった。第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスにおいてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１６０００であった。

【００６５】

【表１】

成膜条件		本発明例１	比較例１
ｻｾﾌﾟﾀ温度		750℃	750℃
成長圧力		100kPa	100kPa
V/III		12300	16000
第１のｶﾞｽ供給部	原料ｶﾞｽG1	NH_3, N_2, TMI	NH_3, N_2
	流量	30slm	30slm
第２のｶﾞｽ供給部	原料ｶﾞｽG2	TMG, TMI, N_2	TMG, TMI, N_2
	流量	15slm	15slm
原料ｶﾞｽG1のTMI/(原料ｶﾞｽG1のTMI＋原料ｶﾞｽG2のTMI)		22%	－
原料ｶﾞｽG1, G2のTMI/(原料ｶﾞｽG1, G2のTMI＋TMG)		54%	54%
第３のガス供給部	ガスG3	N_2	N_2
	流量	35slm	35slm

【００６６】

（評価方法）

本発明例１および比較例１の上流側および下流側の基板について、サセプタ５の中心からの距離を測定した。またそれぞれの基板上に成膜した膜のＩｎの組成（１－ｙ）をＸ線回折により測定した。その結果を図４に示す。なお、図４は、実施例１において基板の位置と、Ｉｎの組成との関係を示す図である。図４中、縦軸はインジウムの組成（単位：なし）を示し、横軸は、サセプタ５の中心から上流側に向けてマイナスとし、サセプタ５の中心から下流側に向けてプラスとしたときのサセプタ５の中心からの距離（単位：ｍｍ）を示す。

【００６７】

（評価結果）

図４に示すように、第１のガス供給部１１ａからＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスを含む原料ガスＧ１が供給された本発明例１では、上流側の基板上の膜のＩｎの組成（１－ｙ）と、下流側の基板上の膜のＩｎの組成（１－ｙ）との差は、比較例１よりも小さくなっていた。このため、上流側と下流側との膜の組成の均一性を向上できた。

【００６８】

また、上流側の基板上の膜において、上流側に位置する領域のＩｎの組成（１－ｙ）と下流側に位置する領域のＩｎの組成（１－ｙ）との差は、比較例１よりも小さくなっていた。このため、膜の面内のＩｎの組成の分布の差を緩和することができた。

【実施例２】

【００６９】

本実施例では、基板２０の主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を基板２０の主表面２０ａ上に供給することの効果について調べた。

【００７０】

（本発明例２）

本発明例２は、サセプタ５の上流側に１枚の基板を載置し、本発明例１と同様に成膜したが、回転軸１３によりサセプタ５を回転しながら成膜した点、およびサセプタの温度が８００℃であった点においてのみ異なっていた。

【００７１】

（本発明例３）

本発明例３は、サセプタ５の上流側に１枚の基板を載置し、基本的には本発明例２と同

様に成膜したが、第１のガス供給部から供給した原料ガスＧ１中のＴＭＩの供給量が下記の表２に示すように異なっていた。

【００７２】

具体的には、第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２中のＴＭＩの合計の供給量に対する第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスＧ１中のＴＭＩの供給量｛原料ガスＧ１のＴＭＩ／（原料ガスＧ１のＴＭＩ＋原料ガスＧ２のＴＭＩ）｝は、２８％であった。その結果、原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩと原料ガスＧ２中のＴＭＧとの合計の供給量に対する原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩの供給量｛ＴＭＩ／（ＴＭＩ＋ＴＭＧ）｝は、６０％であった。第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２においてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１４７００であった。

【００７３】

（比較例２）

比較例２は、サセプタ５の上流側に１枚の基板を載置し、基本的には比較例１と同様に成膜したが、回転軸１３によりサセプタ５を回転しながら成膜した点、およびサセプタの温度が８００℃であった点、および第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスにおいてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１２８００であった点においてのみ異なっていた。

【００７４】

（比較例３）

比較例３は、サセプタ５の上流側に１枚の基板を載置し、基本的には比較例２と同様に成膜したが、第１のガス供給部から供給した原料ガス中のＴＭＩの供給量が下記の表２に示すように異なっていた。具体的には、第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスにおいてＴＭＩとＴＭＧとの合計の供給量に対するＴＭＩの供給量｛ＴＭＩ／（ＴＭＩ＋ＴＭＧ）｝は、６０％であった。第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスにおいてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１４７００であった。

【００７５】

なお、比較例２および３のそれぞれのＩｎの総供給量は、本発明例２および３のそれぞれのＩｎの総供給量と同じであった。

【００７６】

【表２】

成膜条件			本発明例２	本発明例３	比較例２	比較例３
サセプタ温度			800℃	800℃	800℃	800℃
成長圧力			100kPa	100kPa	100kPa	100kPa
V/III			12800	14700	12800	14700
第１のガス供給部	原料ガスG1		NH_3, N_2, TMI	NH_3, N_2, TMI	NH_3, N_2	NH_3, N_2
	流量		30slm	30slm	30slm	30slm
第２のガス供給部	原料ガスG2		TMG, TMI, N_2	TMG, TMI, N_2	TMG, TMI, N_2	TMG, TMI, N_2
	流量		15slm	15slm	15slm	15slm
原料ガスG1のTMI/(原料ガスG1のTMI＋原料ガスG2のTMI)			22%	28%	–	–
原料ガスG1, G2のTMI/(原料ガスG1, G2のTMI＋TMG)			54%	60%	54%	60%
第３のガス供給部	ガスG3		N_2	N_2	N_2	N_2
	流量		35slm	35slm	35slm	35slm

【００７７】

（評価方法）

本発明例２、３および比較例２、３の基板上に成膜した各々の膜について、実施例１と同様にＩｎの組成（１－ｙ）を測定した。その結果を図５に示す。なお、図５は、実施例２におけるＩＩＩ族元素の原料中のＴＭＩと、膜のＩｎの組成との関係を示す図である。図５中、縦軸はインジウムの組成（単位：なし）を示し、横軸は原料中のＩＩＩ族元素の原料であるＴＭＩとＴＭＧとの合計に対するＴＭＩの割合（単位：％）を示す。

【００７８】

（評価結果）

図５に示すように、本発明例２、３は、比較例２、３に比較して、Ｉｎの供給源であるＴＭＩの供給量が同じにも関わらず、Ｉｎの組成（１－ｙ）が高い$Ga_yIn_{(1-y)}N$を成膜することができた。つまり、基板２０の主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を基板２０の主表面２０ａ上に供給することにより、Ｉｎの取り込み量を増加できることがわかった。

【実施例３】

【００７９】

本実施例では、基板２０の主表面２０ａに近い側に位置する第１のガス供給部１１ａからＶ族元素を含む第１原料ガスとＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスとを含む原料ガスＧ１を基板の主表面上に供給することの効果について調べた。

【００８０】

（本発明例４）

本発明例４は、サセプタ５の上流側に１枚の基板を載置し、基本的には本発明例１と同様に成膜したが、以下の点が異なっていた。

【００８１】

具体的には、サファイア基板上に１．５μｍの厚みを有するＧａＮ層を形成した。次に、下記の表３に示す条件で$Ga_yIn_{(1-y)}N$（０＜ｙ＜１）を形成した。つまり、第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩの供給量に対する第１のガス供給部１１ａから供給される原料ガスＧ１中のＴＭＩの供給量｛原料ガスＧ１のＴＭＩ／（原料ガスＧ１のＴＭＩ＋原料ガスＧ２のＴＭＩ）｝は、８．３％であった。その結果、原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩと原料ガスＧ２中のＴＭＧとの合計の供給量に対する原料ガスＧ１、Ｇ２中の合計のＴＭＩの供給量｛ＴＭＩ／（ＴＭＩ＋ＴＭＧ）｝は、５６％であった。第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２においてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１４０００であった。

【００８２】

（比較例４）

比較例４は、サセプタ５の上流側に１枚の基板を載置し、基本的には比較例１と同様に成膜したが、第１のガス供給部から供給した原料ガス中のＴＭＩの供給量が下記の表３に示すように異なっていた。具体的には、第２のガス供給部１１ｂから供給される原料ガスにおいてＴＭＩとＴＭＧとの合計の供給量に対するＴＭＩの供給量｛ＴＭＩ／（ＴＭＩ＋ＴＭＧ）｝は、５４％であった。第１および第２のガス供給部１１ａ、１１ｂから供給される原料ガスＧ１、Ｇ２においてＩＩＩ族元素に対するＶ族元素の比率（Ｖ／ＩＩＩ）は１３１００であった。

【００８３】

（評価方法）

本発明例４および比較例４の基板上に成膜した膜について、Ｉｎの組成（１－ｙ）、膜厚、Ｘ線回折ピーク強度およびＸ線回折半値幅をそれぞれ測定した。Ｉｎの組成（１－ｙ）は、実施例１と同様に測定した。

【００８４】

また、ω－２θスキャンでは、ω（試料角度）と２θ（検出器角度）を同期させ測定を行った。ωスキャンでは、２θをＩｎＧａＮ結晶ピーク位置に固定し、ωをスキャンし測定を行った。その結果を図６および図７に示す。なお、図６および図７は、実施例３における回折強度を示す図である。図６および図７中、縦軸は回折強度（単位：カウント数／秒）を示し、横軸はω（単位：秒）を示す。図６において、ωが０（秒）の角度位置はＧａＮ結晶を示し、－１５００（秒）を示す角度位置はＩｎＧａＮ結晶を示す。図６において、回折強度のピーク値を示すωが大きいほど、Ｉｎの取り込み量が多いことを示す。この図６の縦軸のピーク値をＸ線回折ピーク強度として求めた。また、図７のピーク幅からＸ線回折半値幅を求めた。その結果を下記の表３に示す。

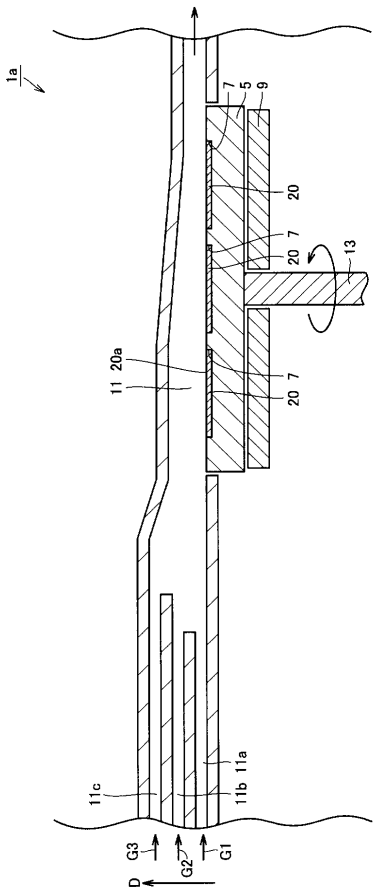
【００８５】
【表３】

成膜条件		本発明例４	比較例４
ｻｾﾌﾟﾀ温度		800℃	790℃
成長圧力		100kPa	100kPa
V/III		14000	13100
第１のｶﾞｽ供給部	原料ｶﾞｽG1	NH_3, N_2, TMI	NH_3, N_2
	流量	30slm	30slm
第２のｶﾞｽ供給部	原料ｶﾞｽG2	TMG, TMI, N_2	TMG, TMI, N_2
	流量	15slm	15slm
原料ｶﾞｽG1のTMI/(原料ｶﾞｽG1のTMI＋原料ｶﾞｽG2のTMI)		8.3%	－
原料ｶﾞｽG1, G2のTMI/(原料ｶﾞｽG1, G2のTMI＋TMG)		56%	54%
第３のガス供給部	ガスG3	N_2	N_2
	流量	35slm	35slm
成膜したInGaN	Inの組成比y	14.8%	13.8%
	膜厚	57nm	51nm
	X線回折ﾋﾟｰｸ強度	860	330
	X線回折半値幅	330秒	298秒

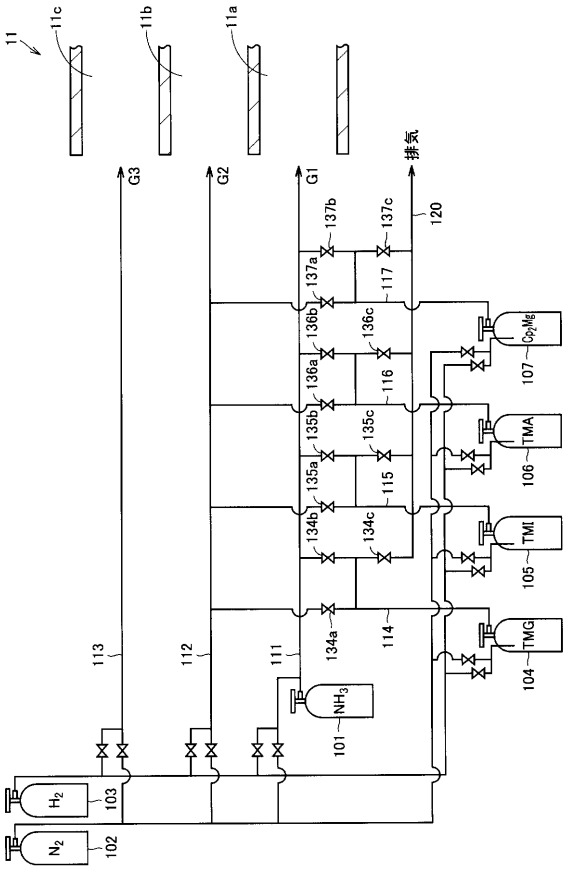
【００８６】
（評価結果）
図６に示すように、第１のガス供給部１１ａからＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスを含む原料ガスＧ１が供給された本発明例４は、ＩＩＩ族元素を含む原料を第２のガス供給部１１ｂから供給した比較例４よりもＩｎの取り込み量が多かった。これにより、本発明例４は比較例４よりも上流側でＩｎを十分に取り込めたので、基板を回転させた場合の平均的な組成を向上できたことがわかった。
【００８７】
また図６および表３に示すように、本発明例４は比較例４よりもＸ線回折ピーク強度が高かった。これにより、本発明例４は比較例４よりもＩｎ組成のばらつきが少なかったことがわかった。さらに図７および表３に示すように、本発明例４は比較例４よりもピーク値が高く、Ｘ線回折半値幅が狭かった。これにより、本発明例４は比較例４よりも結晶性が良好であったことがわかった。このため、第１のガス供給部１１ａからＩＩＩ族元素を含む第２原料ガスを含む原料ガスＧ１が供給することで、膜の結晶性を向上できることがわかった。
【００８８】
今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。
【図面の簡単な説明】
【００８９】
【図１】本発明の実施の形態におけるＭＯＣＶＤ装置の構成を示す断面図である。
【図２】図１の原料ガス供給部付近の模式図である。
【図３】本発明の実施の形態の変形例におけるＭＯＣＶＤ装置の構成を示す断面図である。

【図４】実施例１において基板の位置と、Ｉｎの組成との関係を示す図である。
【図５】実施例２におけるＩＩＩ族元素の原料中のＴＭＩと、膜のＩｎの組成との関係を示す図である。
【図６】実施例３における回折強度を示す図である。
【図７】実施例３における回折強度を示す図である。
【符号の説明】
【００９０】
１ａ，１ｂ　ＭＯＣＶＤ装置、３　チャンバ、５　サセプタ、７　溝、９　ヒータ、１１　原料ガス供給部、１１ａ　第１のガス供給部、１１ｂ　第２のガス供給部、１１ｃ　第３のガス供給部、１３　回転軸、２０　基板、２０ａ　主表面、１０１～１０７　容器、１１１～１１３　配管、１１４～１１７　分岐配管、１２０　ベント配管、１３４ａ～１３４ｃ，１３５ａ～１３５ｃ，１３６ａ～１３６ｃ，１３７ａ～１３７ｃ　切り替え部、Ｄ　方向、Ｇ１，Ｇ２　原料ガス、Ｇ３　ガス。

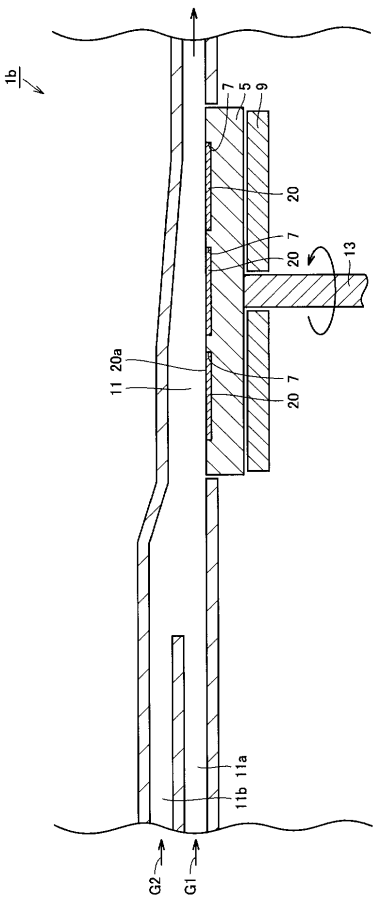
【図１】



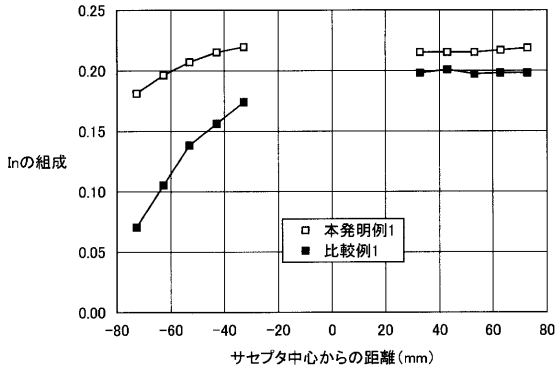
【図２】



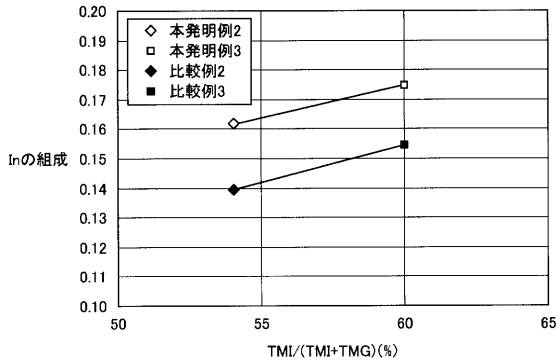
【図３】


1b
7
5
9
20
20 7
13
11 20a
20 7
11b 11a
G2
G1

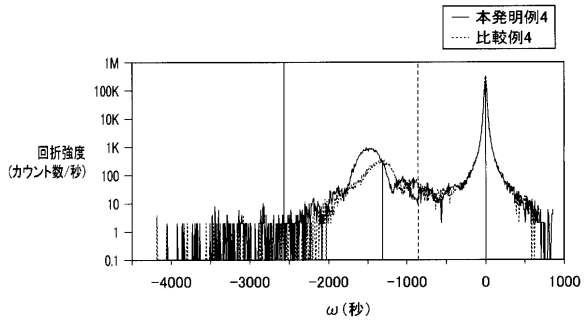
【図４】


0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
Inの組成
本発明例1
比較例1
−80 −60 −40 −20 0 20 40 60 80
サセプタ中心からの距離(mm)

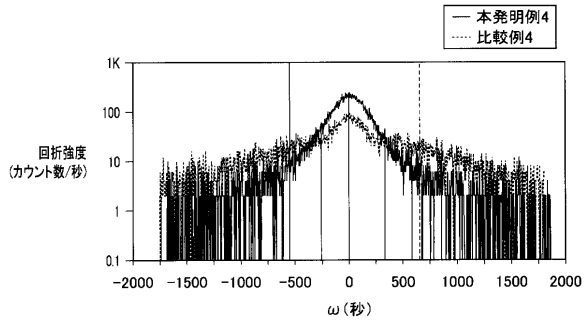
【図５】


0.20
0.19
0.18
0.17
0.16
0.15
0.14
0.13
0.12
0.11
0.10
Inの組成
本発明例2
本発明例3
比較例2
比較例3
50 55 60 65
TMI/(TMI+TMG)(%)

【図６】


本発明例4
比較例4
1M
100K
10K
1K
100
10
1
0.1
回折強度
(カウント数/秒)
−4000 −3000 −2000 −1000 0 1000
ω(秒)

【図７】


本発明例4
比較例4
1K
100
10
1
0.1
回折強度
(カウント数/秒)
−2000 −1500 −1000 −500 0 500 1000 1500 2000
ω(秒)

フロントページの続き

(74)代理人 100111246
弁理士 荒川 伸夫
(72)発明者 上野 昌紀
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者 善積 祐介
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者 高須賀 英良
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Ｆターム(参考) 4K030 AA11 AA13 AA18 BA02 BA08 BA11 BA38 BB01 EA06 FA10
GA06 KA02 LA14
5F045 AA04 AB14 AB17 AB18 AC08 AC09 AC12 AC15 AC18 AC19
AD11 AD12 AE25 AF04 AF09 BB04 DP15 DP27 DQ06 DQ11
EE12 EF09 EF14 EK06