

(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2016-199436  
(P2016-199436A)

(43) 公開日 平成28年12月1日(2016.12.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C30B</b> 29/38 (2006.01)	C30B 29/38	D 4G077
<b>H01L</b> 21/205 (2006.01)	H01L 21/205	4K030
<b>C23C</b> 16/30 (2006.01)	C23C 16/30	5F045
<b>C23C</b> 16/34 (2006.01)	C23C 16/34	5F152
<b>H01L</b> 21/20 (2006.01)	H01L 21/20	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2015-81146 (P2015-81146)  
(22) 出願日 平成27年4月10日 (2015.4.10)

(71) 出願人 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 高橋 英志  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株  
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  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株  
株式会社ニューフレアテクノロジー内  
最終頁に続く

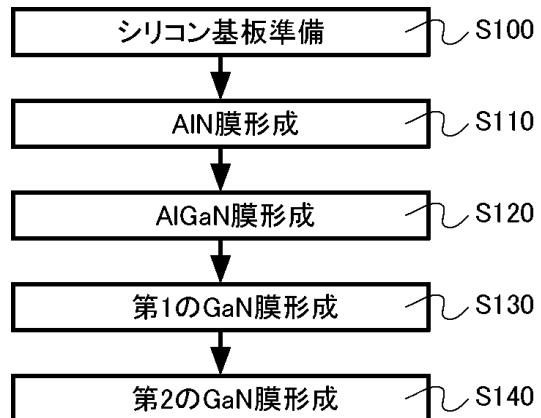
(54) 【発明の名称】 気相成長方法

(57) 【要約】

【目的】シリコン基板上に窒化ガリウムを形成する際のクラックの発生を抑制する気相成長方法を提供する。

【構成】実施形態の気相成長方法は、シリコン基板上に単結晶の窒化アルミニウム膜を形成し、窒化アルミニウム上に単結晶の窒化アルミニウムガリウム膜を形成し、窒化アルミニウムガリウム上膜に単結晶の第1の窒化ガリウム膜を形成し、第1の窒化ガリウム膜上に、第1の窒化ガリウム膜の形成よりも高い温度且つ高い成長速度で単結晶の第2の窒化ガリウム膜を形成する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

シリコン基板上に単結晶の窒化アルミニウム膜を形成し、  
前記窒化アルミニウム膜上に単結晶の窒化アルミニウムガリウム膜を形成し、  
前記窒化アルミニウムガリウム膜上に単結晶の第 1 の窒化ガリウム膜を形成し、  
前記第 1 の窒化ガリウム膜上に、前記第 1 の窒化ガリウム膜の形成よりも高い温度且つ  
高い成長速度で、単結晶の第 2 の窒化ガリウム膜を形成する気相成長方法。

## 【請求項 2】

前記第 1 の窒化ガリウム膜を島状に形成し、前記第 1 の窒化ガリウム膜の高さの平均を  
10 nm 以上 100 nm 以下とする請求項 1 記載の気相成長方法。

10

## 【請求項 3】

前記第 1 の窒化ガリウム膜形成時の V / I I I 比が前記第 2 の窒化ガリウム膜形成時の  
V / I I I 比より大きい請求項 1 又は請求項 2 記載の気相成長方法。

## 【請求項 4】

前記第 1 の窒化ガリウム膜形成時の成長速度が 3 μm / hour 以下である請求項 1 乃至  
請求項 3 いずれか一項記載の気相成長方法。

## 【請求項 5】

前記第 1 の窒化ガリウム膜形成時の温度が 950 以上 1050 未満であり、前記第  
2 の窒化ガリウム膜形成時の温度が 1000 以上 1100 未満である請求項 1 乃至請  
求項 4 いずれか一項記載の気相成長方法。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、シリコン基板上に窒化ガリウムを形成する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では、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  
。

30

## 【0003】

近年、発光デバイスやパワーデバイスの材料として、窒化ガリウム ( Ga N ) 系の半導  
体デバイスが注目されている。 Ga N 系の半導体膜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 ( M O C V D 法 ) がある。

## 【0004】

例えば、シリコン ( Si ) 基板上に窒化ガリウム膜を形成する場合、窒化ガリウム膜の  
膜厚が厚くなると、シリコンと窒化ガリウムの熱膨張係数等の違いに起因して窒化ガリウ  
ム膜にクラックが発生するという問題がある。特許文献 1 には、この問題を解決するため  
に、窒化アルミニウム ( Al N ) のバッファ層をシリコン基板上に形成した後、第 1 の圧  
力で第 1 の窒化ガリウムを形成し、第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力で窒化ガリウムを形  
成する方法が記載されている。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】特開 2006 - 128626 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

本発明が解決しようとする課題は、シリコン基板上に窒化ガリウムを形成する際のクラ

50

ックの発生を抑制する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】

【0007】

本発明の一態様の気相成長方法は、シリコン基板上に単結晶の窒化アルミニウム膜を形成し、前記窒化アルミニウム膜上に単結晶の窒化アルミニウムガリウム膜を形成し、前記窒化アルミニウムガリウム膜上に単結晶の第1の窒化ガリウム膜を形成し、前記第1の窒化ガリウム膜上に、前記第1の窒化ガリウム膜の形成よりも高い温度且つ高い成長速度で単結晶の第2の窒化ガリウムを形成する。

【0008】

上記態様の気相成長方法において、前記第1の窒化ガリウム膜を島状に形成し、前記第1の窒化ガリウム膜の高さの平均を10nm以上100nm以下とすることが望ましい。

10

【0009】

上記態様の気相成長方法において、前記第1の窒化ガリウム膜形成時のV/I/I比が前記第2の窒化ガリウム膜形成時のV/I/I比より大きいことが望ましい。

【0010】

上記態様の気相成長方法において、前記第1の窒化ガリウム膜形成時の成長速度が3μm/hour以下であることが望ましい。

【0011】

上記態様の気相成長方法において、前記第1の窒化ガリウム膜形成時の温度が950以上1050未満であり、前記第2の窒化ガリウム膜形成時の温度が1000以上1100未満であることが望ましい。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、シリコン基板上に窒化ガリウム膜を形成する際のクラックの発生を抑制する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】

【0013】

【図1】実施形態の気相成長方法のプロセスフロー図。

【図2】実施形態の気相成長方法を示す模式断面図。

【図3】実施形態の気相成長方法を示す模式断面図。

30

【図4】実施形態の気相成長方法を示す模式断面図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【0015】

実施形態の気相成長方法は、シリコン基板上に単結晶の窒化アルミニウム膜を形成し、窒化アルミニウム膜上に単結晶の窒化アルミニウムガリウム膜を形成し、窒化アルミニウム膜上に単結晶の第1の窒化ガリウム膜を形成し、第1の窒化ガリウム膜上に、第1の窒化ガリウムの形成よりも高い温度且つ高い成長速度で単結晶の第2の窒化ガリウム膜を形成する。

40

【0016】

図1は、実施形態の気相成長方法のプロセスフロー図である。また、図2 - 図4は、実施形態の気相成長方法を示す模式断面図である。

【0017】

本実施形態の気相成長方法は、シリコン(Si)基板準備ステップ(S100)、窒化アルミニウム膜(AlN)形成ステップ(S110)、窒化アルミニウムガリウム膜(AlGa<sub>2</sub>N)形成ステップ(S120)、第1の窒化ガリウム膜(GaN)形成ステップ(S130)、第2の窒化ガリウム膜(GaN)形成ステップ(S140)を備えている。本実施形態では、MOCVD法により成膜が行われる。

【0018】

50

まず、例えば、水素 ( $H_2$ ) 中で、1100 でバークし、自然酸化膜を除去した (111) 面の単結晶のシリコン基板 10 を準備する (S100)。シリコン基板 10 の厚さは、例えば、300  $\mu m$  以上 1500  $\mu m$  以下である。

【0019】

次に、シリコン基板 10 上に単結晶の窒化アルミニウム ( $AlN$ ) 膜 12 を形成する (S110)。窒化アルミニウム膜 12 は、シリコン基板 10 上にエピタキシャル成長させる。

【0020】

窒化アルミニウム膜 12 は、シリコン基板 10 を加熱し、例えば、水素 ( $H_2$ ) で希釈されたトリメチルアルミニウム ( $TMA$ ) と、水素 ( $H_2$ ) で希釈されたアンモニア ( $NH_3$ ) をソースガスとして供給することにより成長させる。 $TMA$  はアルミニウム ( $Al$ ) のソースガスであり、アンモニアは窒素 ( $N$ ) のソースガスである。

【0021】

窒化アルミニウム膜 12 の成長温度は、例えば、1000 以上 1200 以下とする。窒化アルミニウム膜 12 の結晶性を向上させる観点から、成長温度は 1000 以上であることが望ましい。窒化アルミニウム膜 12 の膜厚は、例えば、200 nm 以上 300 nm 以下とする。

【0022】

窒化アルミニウム膜 12 は、シリコン基板 10 上にガリウム ( $Ga$ ) を含む単結晶膜をエピタキシャル成長させる際に、シリコンとガリウムとの反応が生じ、ガリウムを含む単結晶膜の膜質が劣化することや、シリコン基板がメルトバックすることを抑制する。また、シリコンと、ガリウムを含む単結晶膜との格子不整合を緩和するバッファ層として機能する。

【0023】

次に、窒化アルミニウム膜 12 上に、単結晶の窒化アルミニウムガリウム ( $Al_xGa_{(1-x)}N$ 、ただし  $0 < x < 1$ ) 膜 14 を形成する (S120、図 2)。窒化アルミニウムガリウム膜 14 は、窒化アルミニウム膜 12 上にエピタキシャル成長させる

【0024】

窒化アルミニウムガリウム膜 14 は、シリコン基板 10 を加熱し、例えば、水素 ( $H_2$ ) で希釈されたトリメチルアルミニウム ( $TMA$ ) とトリメチルガリウム ( $TMG$ )、水素 ( $H_2$ ) で希釈されたアンモニア ( $NH_3$ ) をソースガスとして供給することにより成長させる。 $TMA$  はアルミニウム ( $Al$ ) のソースガスであり、 $TMG$  はガリウム ( $Ga$ ) のソースガスであり、アンモニアは窒素 ( $N$ ) のソースガスである。

【0025】

窒化アルミニウムガリウム膜 14 の成長温度は、例えば、1000 以上 1200 以下とする。窒化アルミニウムガリウム膜 14 の膜厚は、例えば、150 nm 以上 500 nm 以下とする。

【0026】

窒化アルミニウムガリウム膜 14 は、窒化アルミニウム膜 12 と、窒化アルミニウムガリウム膜 14 の上層に形成される単結晶ガリウム膜との格子不整合を緩和するバッファ層として機能する。格子不整合を緩和する観点から、窒化アルミニウムガリウム膜 14 中のアルミニウム含有量を、窒化アルミニウムガリウム膜 14 から窒化アルミニウムガリウム膜 14 の上層に形成される単結晶ガリウム膜に向かう方向に低減させることが望ましい。また、窒化アルミニウムガリウム膜 14 は、窒化アルミニウム膜 12 から伸びる転位の向きを曲げて、転位が上層に形成される単結晶ガリウム膜に伸びることを抑制する機能を備える。

【0027】

次に、窒化アルミニウムガリウム膜 14 上に単結晶の第 1 の窒化ガリウム ( $GaN$ ) 膜 16 を形成する (S130、図 3)。第 1 の窒化ガリウム膜 16 は、窒化アルミニウムガリウム膜 14 上に島状にエピタキシャル成長させた島状膜である。

10

20

30

40

50

## 【0028】

第1の窒化ガリウム膜16は、シリコン基板10を加熱し、例えば、水素( $H_2$ )で希釈されたトリメチルガリウム(TMG)、水素( $H_2$ )で希釈されたアンモニア( $NH_3$ )をソースガスとして供給することにより成長させる。TMGはガリウム(Ga)のソースガスであり、アンモニアは窒素(N)のソースガスである。

## 【0029】

その際、島状の第1の窒化ガリウム膜16の高さ(図3中のh)の平均を例えば10nm以上100nm以下、幅(図3中のw)の平均を10nm以上50nmとする。第1の窒化ガリウム膜16の高さは、例えば、第1の窒化ガリウム膜16成長後の断面をSEM(Scanning Electron Microscope)で観察することで求めることが可能である。

10

## 【0030】

そして、第1の窒化ガリウム膜16形成時のV/III比を、例えば1000以上とする。ここで、V/III比とは、窒化ガリウムをエピタキシャル成長する際のガリウム(III族元素)のソースガスであるTMGと、窒素(V族元素)のソースガスであるアンモニアの流量比である。各ソースガスの流量単位は、 $\mu\text{mol}/\text{min}$ である。

## 【0031】

また、第1の窒化ガリウム膜16形成時の成長速度を、例えば $3\mu\text{m}/\text{hour}$ 以下、温度を、例えば950以上1050未満、圧力を、例えば20kPa以上35kPa以下とする。

20

## 【0032】

次に、島状の第1の窒化ガリウム膜16上に第1の窒化ガリウム膜16の形成よりも、高い温度且つ高い成長速度で単結晶の第2の窒化ガリウム(GaN)膜18を形成する(S140、図4)。第2の窒化ガリウム膜18は、第1の窒化ガリウム膜16上に層状にエピタキシャル成長させる。

## 【0033】

第2の窒化ガリウム膜18は、シリコン基板10を加熱し、例えば、水素( $H_2$ )で希釈されたトリメチルガリウム(TMG)、水素( $H_2$ )で希釈されたアンモニア( $NH_3$ )をソースガスとして供給することにより成長させる。TMGはガリウム(Ga)のソースガスであり、アンモニアは窒素(N)のソースガスである。

30

## 【0034】

第2の窒化ガリウム膜18の膜厚は、例えば、 $3\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下とする。第2の窒化ガリウム膜18の膜厚は、例えば、第2の窒化ガリウム膜18の成長後の断面をSEMで観察することで求めることが可能である。

## 【0035】

第2の窒化ガリウム膜18形成時のV/III比を1000以下とする。また、第2の窒化ガリウム膜18形成時の成長速度を、第1の窒化ガリウム膜16形成時の成長速度より高く、例えば $3\mu\text{m}/\text{hour}$ 以上とする。また、第2の窒化ガリウム膜18形成時の温度を、例えば、1000以上1100未満、圧力を、例えば、20kPa以上35kPa以下とし、第1の窒化ガリウム膜16形成時の圧力と同一とする。

40

## 【0036】

なお、第2の窒化ガリウム膜18の一部又は全部に、例えば、シリコン(Si)やマグネシウム(Mg)等のドーパントを添加することができる。

## 【0037】

次に、実施形態の作用及び効果について説明する。

## 【0038】

シリコン基板上に窒化ガリウム膜を形成する場合、窒化ガリウム膜の膜厚が厚くなると、シリコンと窒化ガリウムの熱膨張係数等の違いに起因して窒化ガリウム膜にクラックが発生するおそれがある。これは、窒化ガリウム膜の形成中に、窒化ガリウム膜に引張応力が発生することにより生じると考えられる。特に、窒化ガリウム膜の成長速度を速くした

50

場合に、クラックが発生しやすくなる。

【0039】

本実施形態では、第1の窒化ガリウム膜16を島状に3次元的に成長させる。この際、窒化アルミニウムガリウム膜14表面における核形成の密度を、島状の第1の窒化ガリウム膜16が十分な高さに成長する前に側面で接触してしまうことのないように制御する。その後、第2の窒化ガリウム膜18を、第1の窒化ガリウム膜16よりも速い成長速度で層状に成長させる。この方法により、窒化ガリウム膜の形成を、窒化ガリウム膜に圧縮応力をかけた状態で行うことが可能となる。したがって、クラックの発生を抑制しつつ、窒化ガリウム膜の高速成長が実現できる。また、結晶欠陥の低減した窒化ガリウム膜を成膜することが可能となる。

10

【0040】

第1の窒化ガリウム膜16を島状に形成する際、島状の第1の窒化ガリウム膜16の高さ(図3中のh)の平均を10nm以上100nm以下、幅(図3中のw)の平均を10nm以上50nm以下とすることが望ましい。上記範囲を下回ると、第2の窒化ガリウム膜18成膜の際に、第2の窒化ガリウム膜18の応力が圧縮応力とならないおそれがある。また、第2の窒化ガリウム膜18の結晶性が劣化する恐れがある。上記範囲を上回ると、第2の窒化ガリウム膜18の表面モフォロジーが劣化する恐れがある。第2の窒化ガリウム膜18の表面を平坦にする観点から、第1の窒化ガリウム膜16の高さの平均が50nm以下であることが望ましい。

20

【0041】

第1の窒化ガリウム膜16形成時のV/I I I比が1000以上であることが、第1の窒化ガリウム膜16の成長速度を抑え、結晶性を向上させ、島状に3次元的に成長させる観点から望ましい。第1の窒化ガリウム膜16形成時の成長速度は3 $\mu$ m/hour以下、温度は950以上1050未満、圧力は20kPa以上35kPa以下であることが、第1の窒化ガリウム膜16の、結晶性を向上させ、島状に3次元的に成長させる観点から望ましい。

【0042】

また、第2の窒化ガリウム膜18の成長速度を速くし、生産性をあげる観点から、第2の窒化ガリウム膜18形成時のV/I I I比が1000以下であることが望ましく、500以下であることがより望ましい。第2の窒化ガリウム膜18形成時のV/I I I比は、第1の窒化ガリウム膜16形成時のV/I I I比よりも小さいことが望ましい。そして、第2の窒化ガリウム膜18の成長速度は、3 $\mu$ m/hour以上であることが、生産性をあげる観点から望ましい。

30

【0043】

さらに、第2の窒化ガリウム膜18の成長速度を第1の窒化ガリウム膜16の成長速度を速くする観点から、1000以上1100未満であって、第1の窒化ガリウム膜16の形成よりも高い温度で、第2の窒化ガリウム膜18の形成を行う。そして、生産性を向上させる観点から、第2の窒化ガリウム膜18形成時の圧力は、圧力は20kPa以上35kPa以下であって、第1の窒化ガリウム膜16形成時の圧力と略同一であることが望ましい。

40

【0044】

本実施形態の気相成長方法によれば、シリコン基板上に膜厚の厚い窒化ガリウムを形成する際のクラックの発生を抑制することが可能となる。また、結晶欠陥の低減した膜厚の厚い窒化ガリウム膜を、高速で成膜することが可能となる。

【0045】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施形態について説明した。上記、実施形態はあくまで、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、各実施形態の構成要素を適宜組み合わせてもかまわない。

【0046】

実施形態では、気相成長方法等で、本発明の説明に直接必要としない部分等については

50

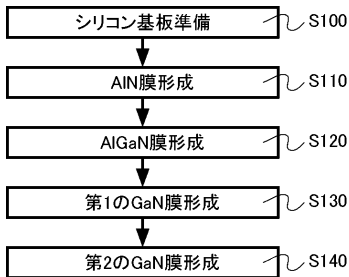
記載を省略したが、必要とされる等を適宜選択して用いることができる。その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全ての気相成長方法は、本発明の範囲に含まれる。本発明の範囲は、特許請求の範囲及びその均等物の範囲によって定義されるものである。

【符号の説明】

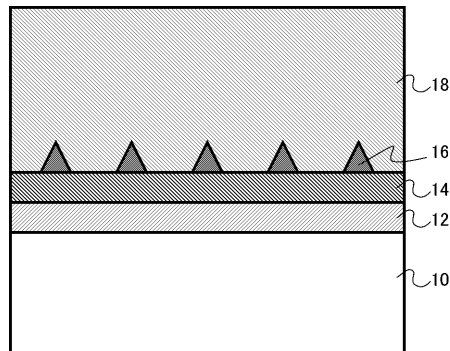
【0047】

- 10 シリコン基板
- 12 窒化アルミニウム膜
- 14 窒化アルミニウムガリウム膜
- 16 第1の窒化ガリウム膜
- 18 第2の窒化ガリウム膜

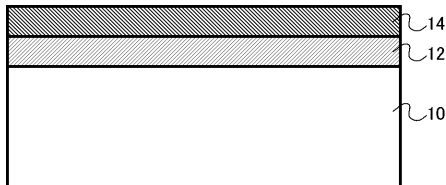
【図1】



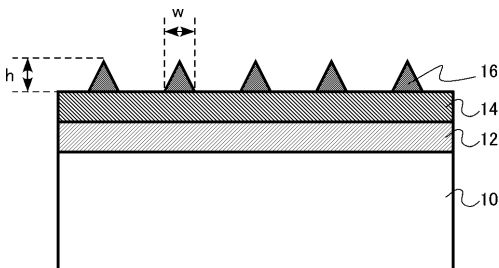
【図4】



【図2】



【図3】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 4G077 AA03 BE15 DB08 EA02 ED06 EF03 TA04 TA07 TB05 TC14  
TK01  
4K030 AA11 AA13 AA17 BA02 BA08 BA38 BB02 BB12 BB14 CA04  
CA12 DA02 FA10 JA01 JA06 JA10 JA12 LA14  
5F045 AA04 AB09 AB14 AB17 AC07 AC12 AD13 AD14 AE25 AF03  
BB13 CA06 CA10 DA52 DA53 EE12 GB20  
5F152 LL05 MM18 NN03 NP09 NQ09