

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6232150号
(P6232150)

(45) 発行日 平成29年11月15日(2017.11.15)

(24) 登録日 平成29年10月27日(2017.10.27)

(51) Int.Cl.		F I	
H O 1 L 21/205	(2006.01)	H O 1 L 21/205	
H O 1 L 21/20	(2006.01)	H O 1 L 21/20	
C 3 O B 29/38	(2006.01)	C 3 O B 29/38	D
C 2 3 C 16/02	(2006.01)	C 2 3 C 16/02	
C 2 3 C 16/34	(2006.01)	C 2 3 C 16/34	

請求項の数 16 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2017-1758 (P2017-1758)	(73) 特許権者	000165974 古河機械金属株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
(22) 出願日	平成29年1月10日(2017.1.10)	(74) 代理人	100110928 弁理士 速水 進治
審査請求日	平成29年4月11日(2017.4.11)	(72) 発明者	住田 行常 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河機械金属株式会社 経営企画部内
早期審査対象出願		(72) 発明者	藤山 泰治 栃木県小山市若木町1-23-15 古河機械金属株式会社 開発本部 ナイトライド事業室内
		審査官	鈴木 聡一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 III族窒化物半導体基板、及び、III族窒化物半導体基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

{ 1 0 - 1 0 } 面、又は、{ 1 0 - 1 0 } 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{ 1 0 - 1 0 } 面を a 面と平行になる方向に 4 . 5 ° 以上 5 . 5 ° 以下、9 . 5 ° 以上 1 0 . 5 ° 以下、1 4 . 5 ° 以上 1 5 . 5 ° 以下、及び、1 9 . 5 ° 以上 2 0 . 5 ° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1 0 6 0 以上 1 1 2 0 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項2】

{ 1 0 - 1 0 } 面、又は、{ 1 0 - 1 0 } 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、 1060 以上 1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、 800 以上 1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、 $\{10-10\}$ 面をa面と平行になる方向に 4.5° 以上 5.5° 以下、 9.5° 以上 10.5° 以下、 14.5° 以上 15.5° 以下、及び、 19.5° 以上 20.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

10

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1060 以上 1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項3】

$\{10-10\}$ 面、又は、 $\{10-10\}$ 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

20

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、 $\{10-10\}$ 面をa面と平行になる方向に 1.5° 以上 2.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1055 以上 1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項4】

$\{10-10\}$ 面、又は、 $\{10-10\}$ 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

30

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、 1060 以上 1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、 800 以上 1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、 $\{10-10\}$ 面をa面と平行になる方向に 1.5° 以上 2.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

40

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1055 以上 1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項5】

$\{10-10\}$ 面、又は、 $\{10-10\}$ 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

50

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行わずに、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を1060以上1120以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項6】

{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060以上1120以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800以上1125以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行わずに、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を1060以上1120以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項7】

{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をc面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を800以上1120以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項8】

{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060以上1120以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800以上1125以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をc面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サフ

10

20

30

40

50

アイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 800 以上 1120 以下とする III 族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 9】

{ 10 - 10 } 面、又は、{ 10 - 10 } 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっている III 族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{ 10 - 10 } 面を c 面と平行になる方向に 4.5° 以上 5.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行わずに、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1060 以上 1120 以下とする III 族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 10】

{ 10 - 10 } 面、又は、{ 10 - 10 } 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060 以上 1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800 以上 1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III 族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{ 10 - 10 } 面を c 面と平行になる方向に 4.5° 以上 5.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行わずに、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1060 以上 1120 以下とする III 族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 11】

{ 10 - 10 } 面、又は、{ 10 - 10 } 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっている III 族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{ 10 - 10 } 面を第 1 の面と平行になる方向に 9.5° 以上 10.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を 1075 以上 1125 以下とし、

前記第 1 の面は、c 面を a 面と平行になる方向に 44.5° 以上 45.5° 以下傾斜し

10

20

30

40

50

た面であるIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項12】

{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060 以上1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800 以上1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面を第1の面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を1075 以上1125 以下とし、

前記第1の面は、c面をa面と平行になる方向に44.5°以上45.5°以下傾斜した面であるIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項13】

{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をa面と平行になる方向に29.5°以上30.5°以下のいずれかの角度で傾斜した面を、更にc面と平行になる方向に27.5°以上30.5°以下のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を800 以上950 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項14】

{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060 以上1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800 以上1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をa面と平行になる方向に29.5°以上30.5°以下のいずれかの角度で傾斜した面を、更にc面と平行になる方向に27.5°以上30.5°以下のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を800 以上950 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の III 族窒化物半導体基板の製造方法において

、
前記成長工程の後に、前記サファイア基板を除去する除去工程をさらに有する III 族窒化物半導体基板の製造方法。

【請求項 16】

III 族窒化物半導体結晶で構成され、成長面の面方位が { 10 - 15 } 面、及び、{ 10 - 15 } 面を 0° より大 0.5° 以下の中の内いずれかの角度で傾斜した面の中の内いずれかである III 族窒化物半導体層と、

前記成長面と反対の表面側に位置し、前記 III 族窒化物半導体層と一体となっているサファイア基板と、
を有し、

前記成長面は前記 III 族窒化物半導体層の表面の一部となっており、

前記サファイア基板は、{ 10 - 10 } 面を a 面と平行になる方向に 9.5° 以上 10.5° 以下の中の内いずれかの角度で傾斜した面である主面を有し、

前記主面の上に前記 III 族窒化物半導体層が位置する III 族窒化物半導体基板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、III 族窒化物半導体基板、及び、III 族窒化物半導体基板の製造方法に関する

【背景技術】

【0002】

関連する技術が特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に開示されているように、III 族窒化物半導体結晶の c 面上にデバイス（例：光デバイス、電子デバイス等）を形成した場合、ピエゾ電界に起因して内部量子効率が低下する。そこで、いわゆる半極性面（極性面及び無極性面と異なる面）上にデバイスを形成する試みがなされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 160755 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

半極性面上にデバイスを形成すれば、c 面上にデバイスを形成するよりも、内部量子効率を上げることができる。本発明は、所望の半極性面を成長面として III 族窒化物半導体をエピタキシャル成長させる新たな技術を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明によれば、

{ 10 - 10 } 面、又は、{ 10 - 10 } 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっている III 族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{ 10 - 10 } 面を a 面と平行になる方向に 4.5

10

20

30

40

50

°以上5.5°以下、9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を1060 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法が提供される。

【0006】

また、本発明によれば、

{10-10}面、又は、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060 以上1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800 以上1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有し、

前記サファイア基板準備工程では、{10-10}面をa面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下、9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、成長温度を1060 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法が提供される。

【0007】

また、本発明によれば、

III族窒化物半導体結晶で構成され、成長面の面方位が{10-15}面、及び、{10-15}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面の中のいずれかであるIII族窒化物半導体層と、

前記成長面と反対の表面側に位置し、前記III族窒化物半導体層と一体となっているサファイア基板と、

を有し、

前記成長面は前記III族窒化物半導体層の表面の一部となっており、

前記サファイア基板は、{10-10}面をa面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面である主面を有し、

前記主面の上に前記III族窒化物半導体層が位置するIII族窒化物半導体基板が提供される。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、所望の半極性面を成長面としてIII族窒化物半導体をエピタキシャル成長させる新たな技術が実現される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図2】本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の処理の流れの一例を示す工程図である。

【図3】本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図4】本実施形態のIII族窒化物半導体基板の一例を示す側面模式図である。

【図5】本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の処理の流れの一例を示す工程図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明のIII族窒化物半導体基板、及び、III族窒化物半導体基板の製造方法の実施形態について図面を用いて説明する。なお、図はあくまで発明の構成を説明するための概略図であり、各部材の大きさ、形状、数、異なる部材の大きさの比率などは図示するものに限定されない。

【0011】

<第1の実施形態>

まず、本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の一例を説明する。図1は、本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。図示するように、本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法は、サファイア基板準備工程S10と、熱処理工程S20と、バッファ層形成工程S30と、成長工程S40と、を有する。

10

【0012】

サファイア基板準備工程S10では、{10-10}面、又は、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備する。図2(1)に、当該工程で準備したサファイア基板10の側面模式図の一例を示す。サファイア基板10の直径は、例えば、1インチ以上である。また、サファイア基板10の厚さは、例えば、300µm以上である。

【0013】

主面11は、{10-10}面、又は、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面である。

20

【0014】

{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、例えば、{10-10}面を任意の方向に0°より大0.5°以下の中の何れかの角度で傾斜した面であってもよい。

【0015】

また、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をa面と平行になる方向に0°より大30°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。または、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をa面と平行になる方向に12.5°より大22.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。例えば、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をa面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下、4.5°以上5.5°以下、9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。

30

【0016】

また、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をc面と平行になる方向に0°より大60°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。または、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をc面と平行になる方向に12.5°より大22.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。例えば、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をc面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下、4.5°以上5.5°以下、9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。

40

【0017】

また、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をc面と平行になる方向、及び、a面と平行になる方向の両方に、各々、上記例示した中の何れかの角度で傾斜した面であってもよい。

【0018】

また、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面を第1の面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。

50

い。第1の面は、c面をa面と平行になる方向に 44.5° 以上 45.5° 以下傾斜した面である。

【0019】

また、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面は、{10-10}面をa面と平行になる方向に 29.5° 以上 30.5° 以下のいずれかの角度で傾斜した面を、更にc面と平行になる方向に 27.5° 以上 30.5° 以下のいずれかの角度で傾斜した面であってもよい。

【0020】

サファイア基板10の主面11の面方位は、その上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の面方位を調整するための1つの因子(第1の因子)となる。すなわち、サファイア基板10の主面11の面方位を調整することで、その上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の面方位を調整できる。

10

【0021】

また、サファイア基板10の主面11の面方位は、その上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の表面状態を調整するための因子にもなる。すなわち、サファイア基板10の主面11の面方位を調整することで、その上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の表面状態を調整できる。

【0022】

第1の因子と、III族窒化物半導体層の成長面の面方位及び表面状態との関係は以下で説明する。

20

【0023】

図1に戻り、熱処理工程S20では、窒化処理を行いながら、又は、窒化処理を行わずに、サファイア基板10に対して熱処理を行う。熱処理の条件は以下の通りである。

【0024】

温度：800 以上1120 以下

圧力：50 torr以上250 torr以下

熱処理時間：10～15分

キャリアガス： H_2 、 N_2

H_2 (キャリアガス)供給量：3.0 s l m以上12.0 s l m以下

N_2 (キャリアガス)供給量：1.0 s l m以上4.5 s l m以下

30

【0025】

なお、窒化処理を行いながら熱処理を行う場合、熱処理時に30 s l m以下の NH_3 が供給される。窒化処理を行わずに熱処理を行う場合、熱処理時に NH_3 が供給されない。

【0026】

上記条件での熱処理時の窒化処理の有無は、サファイア基板10の上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の面方位を調整するための1つの因子(第2の因子)となる場合がある。すなわち、上記条件での熱処理時の窒化処理の有無を調整することで、サファイア基板10の上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の面方位を調整できる場合がある。

【0027】

40

また、上記条件での熱処理時の窒化処理の有無は、サファイア基板10の上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の表面状態を調整するための因子となる場合がある。すなわち、上記条件での熱処理時の窒化処理の有無を調整することで、その上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の表面状態を調整できる場合がある。

【0028】

第2の因子と、III族窒化物半導体層の成長面の面方位及び表面状態との関係は以下で説明する。

【0029】

図1に戻り、バッファ層形成工程S30では、図2(2)に示すように、熱処理後のサファイア基板10の主面11の上に、バッファ層20を形成する。形成するバッファ層2

50

0の厚さは、例えば、50nm以上300nm以下である。

【0030】

バッファ層20は、例えば、AlN層である。例えば、以下の条件でAlN結晶をエピタキシャル成長させ、バッファ層20を形成してもよい。

【0031】

成長方法：MOCVD法

成長温度：800 以上1125 以下

圧力：90torr以上110torr以下

V/III比：3000以上6000以下

TMAI供給量：40ccm以上100ccm以下

NH₃供給量：1slm以上10slm以下

キャリアガス：H₂

H₂（キャリアガス）供給量：3.0slm以上12.0slm以下

【0032】

上記条件でバッファ層20を形成する際の成長温度は、サファイア基板10の上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の面方位を調整するための1つの因子（第3の因子）となる場合がある。すなわち、上記条件でバッファ層20を形成する際の成長温度を調整することで、サファイア基板10の上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の面方位を調整できる場合がある。

【0033】

また、上記条件でバッファ層20を形成する際の成長温度は、サファイア基板10の上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の表面状態を調整するための因子となる場合がある。すなわち、上記条件でバッファ層20を形成する際の成長温度を調整することで、その上にエピ成長されるIII族窒化物半導体層の成長面の表面状態を調整できる場合がある。

【0034】

第3の因子と、III族窒化物半導体層の成長面の面方位及び表面状態との関係は以下で説明する。

【0035】

図1に戻り、成長工程S40では、図2(3)に示すように、バッファ層20の上に、以下の成長条件でIII族窒化物半導体結晶（例：GaN結晶）をエピタキシャル成長させ、成長面31が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層30を形成する。III族窒化物半導体層30の厚さは、例えば、1μm以上20μm以下である。

【0036】

以下の成長条件でバッファ層20の上にIII族窒化物半導体結晶をエピタキシャル成長させる本実施形態の場合、成長面31の面方位は、上述した第1乃至第3の因子により調整できる。また、成長面31の表面状態も、上述した第1乃至第3の因子により調整できる。第1乃至第3の因子と、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位及び表面状態との関係は以下で説明する。

【0037】

成長方法：MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法

成長温度：950 以上1110 以下

圧力：100torr以上500torr以下

V/III比：500以上2000以下

TMGa供給量：200ccm以上750ccm以下

NH₃供給量：2slm以上25slm以下

キャリアガス：H₂、N₂

H₂（キャリアガス）供給量：13.0slm以上14.0slm以下

N₂（キャリアガス）供給量：1.0slm以上2.0slm以下

【0038】

10

20

30

40

50

以上により、図2(3)に示すような、サファイア基板10と、バッファ層20と、II族窒化物半導体層30とを有するIII族窒化物半導体基板1を製造することができる。図示する例の場合、III族窒化物半導体層30の成長面31が、III族窒化物半導体基板1の表面(露出面)の一部となっている。

【0039】

なお、図3に示すように、本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法は、サファイア基板準備工程S10、熱処理工程S20、バッファ層形成工程S30及び成長工程S40に加えて、除去工程S50を有してもよい。

【0040】

除去工程S50では、成長工程S40の後に、サファイア基板10を除去する。例えば、図2(3)の積層体から、研磨、スライス等により、サファイア基板10を除去する。除去工程S50では、さらに、バッファ層20を除去してもよい。結果、図4に示すような、III族窒化物半導体層30からなるIII族窒化物半導体基板1が得られる。図示する例の場合、III族窒化物半導体層30の成長面31が、III族窒化物半導体基板1の表面(露出面)の一部となっている。

【0041】

本実施形態のIII族窒化物半導体基板1は、III族窒化物半導体層30の上に、電子デバイスや光デバイス等のデバイスを形成するための基板として利用されてもよい。また、II族窒化物半導体層30から一部をスライスなどで切り出すことにより、複数の基板を得てもよい。

【0042】

本実施形態のIII族窒化物半導体基板1の製造方法の場合、サファイア基板10の主面11の面方位(第1の因子)、熱処理時の窒化処理の有無(第2の因子)、及び、バッファ層形成工程S30における成長温度(第3の因子)の中の少なくとも1つは、III族窒化物半導体層30の成長面31が所定の面方位になるよう調整されている。

【0043】

換言すれば、本実施形態のIII族窒化物半導体基板1の製造方法で製造されたIII族窒化物半導体基板1は、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位と、第1乃至第3の因子の中の少なくとも1つとが所定の関係となっている。

【0044】

また、本実施形態のIII族窒化物半導体基板1の製造方法の場合、第1乃至第3の因子の中の少なくとも1つは、III族窒化物半導体層30の成長面31が所定の表面状態となるよう調整されている。

【0045】

換言すれば、本実施形態のIII族窒化物半導体基板1の製造方法で製造されたIII族窒化物半導体基板1は、III族窒化物半導体層30の成長面31の表面状態と、第1乃至第3の因子の中の少なくとも1つとが所定の関係となっている。

【0046】

表1乃至表6に、第1乃至第3の因子と、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位及び表面状態との間の上記所定の関係の一例を示す。

【0047】

10

20

30

40

【表 1】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面、又は、{10-10}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-12}面、又は、{10-12}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	なし		{11-22}面、又は、{11-22}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	○
{10-10}面をa面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下傾斜した面	あり	1055°C以上 1120°C以下	{11-22}面をm面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下傾斜した面	○
	なし		{20-27}面、又は、{20-27}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	あり	800°C以上 950°C以下	{11-23}面をm面と平行になる方向に10°以下、および、c面と平行になる方向に10°以下傾斜した面	×
{10-10}面をa面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{11-22}面をm面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下傾斜した面	○
	なし			

10

20

【0048】

【表 2】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面をa面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{11-22}面をm面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下傾斜した面	○
	なし		{10-15}面、又は、{10-15}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	
{10-10}面をa面と平行になる方向に14.5°以上15.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-17}面、又は、{10-17}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	○
	なし			
{10-10}面をa面と平行になる方向に19.5°以上20.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-19}面、又は、{10-19}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	○
	なし			

30

40

【0049】

【表 3】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の成長面	表面状態
[10-10]面をc面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下傾斜した面	あり	950°C以上 1120°C以下	[11-22]面をa面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下傾斜した面	△
	なし			
	あり	800°C以上 950°C以下		
[10-10]面をc面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	[20-27]面、又は、[20-27]面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	なし		[11-22]面をa面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下傾斜した面	△
[10-10]面をa面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	[10-13]面、又は、[10-13]面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	なし		[11-22]面をa面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下傾斜した面	

10

20

【 0 0 5 0 】

【表 4】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の成長面	表面状態
[10-10]面をc面と平行になる方向に14.5°以上15.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	[10-13]面、又は[10-13]面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	なし			
[10-10]面をc面と平行になる方向に19.5°以上20.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	[20-27]面、又は、[20-27]面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	なし			
[10-12]面、又は、[10-12]面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	[11-20]面、又は、[11-20]面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
	なし			

30

40

【 0 0 5 1 】

【表 5】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	III族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面を第1の面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下傾斜した面	あり	1075°C以上 1125°C以下	{11-23}面をm面と平行になる方向に10°以下、および、c面と平行になる方向に10°以下傾斜した面	△
{10-10}面を第1の面と平行になる方向に14.5°以上15.5°以下傾斜した面	あり	1075°C以上 1125°C以下	{11-28}面、又は、{11-28}面を任意の方向に0°より大0.5°以下傾斜した面	×
{10-10}面を第1の面と平行になる方向に19.5°以上20.5°以下傾斜した面	あり	1075°C以上 1125°C以下	{11-2・10}面をm面と平行になる方向に10°以下、および、c面と平行になる方向に10°以下傾斜した面	×

10

【0052】

【表 6】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	III族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面をa面と平行になる方向に29.5°以上30.5°以下傾斜した面を、更にc面と平行になる方向に27.5°以上30.5°以下傾斜した面	あり	800°C以上 950°C以下	{11-23}面をc面と平行になる方向に10°以下傾斜した面	△

20

【0053】

表1乃至表6においては、「サファイア主面」、「昇温時の窒化処理」、「バッファ層成長温度」、「III族窒化物半導体層の成長面」及び「表面状態」が互に対応付けられている。

30

【0054】

表中の「サファイア主面」の欄に、第1の因子の詳細、すなわち、サファイア基板10の主面11の面方位が示されている。「昇温時の窒化処理」の欄に、第2の因子の詳細、すなわち、熱処理時の窒化処理の有無（「あり」または「なし」）が示されている。「バッファ層成長温度」の欄に、第3の因子の詳細、すなわち、バッファ層形成工程S30における成長温度が示されている。

【0055】

「III族窒化物半導体層の成長面」の欄に、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位が示されている。「表面状態」の欄に、III族窒化物半導体層30の成長面31の表面状態が示されている。

40

【0056】

表面状態「△」は、微分干渉顕微鏡観察下において、表面が鏡面構造を有しており、かつ、グレイン（結晶粒）の境界が明確に観察されない状態を意味する。表面状態「△」は、微分干渉顕微鏡観察下において、表面が鏡面構造を有しているが、グレイン（結晶粒）の境界が観察される状態を意味する。表面状態「×」は、表面が鏡面とは認められない状態を意味する。

【0057】

50

表 1 乃至表 6 より、第 1 乃至第 3 の因子を調整することで、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位及び表面状態を調整できることが分かる。そして、表 1 乃至表 6 に示される第 1 乃至第 3 の因子と、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位及び表面状態との間の関係から、例えば、以下のような関係が読み取れる。

【 0 0 5 8 】

表 1 及び表 2 より、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 を、 $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面から a 面と平行になる方向に 0° より大 12.5° 以下傾斜した面とした場合、熱処理時に窒化処理を行うと、 $\{ 1 1 - 2 2 \}$ 面成分の成長が支配的になることが分かる。そして、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 は、 $\{ 1 1 - 2 2 \}$ 面を m 面と平行になる方向にサファイア基板 1 0 の主面 1 1 の $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面からの傾斜角度とほぼ等しい角度傾斜した面となることが分かる。

10

【 0 0 5 9 】

また、表 2 より、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 を、 $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面から a 面と平行になる方向に 12.5° より大 22.5° 以下傾斜した面とした場合、熱処理時の窒化処理の有無に関わらず、 $\{ 1 0 - 1 X \}$ 面、又は、 $\{ 2 0 - 2 X \}$ 面成分の成長が支配的になることが分かる。

【 0 0 6 0 】

また、表 3 より、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 を、 $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面から c 面と平行になる方向に 0° より大 12.5° 以下傾斜した面とした場合、熱処理時に窒化処理を行わないと、 $\{ 1 1 - 2 2 \}$ 面成分の成長が支配的になることが分かる。そして、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 は、 $\{ 1 1 - 2 2 \}$ 面を a 面と平行になる方向にサファイア基板 1 0 の主面 1 1 の $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面からの傾斜角度とほぼ等しい角度傾斜した面となることが分かる。

20

【 0 0 6 1 】

また、表 4 より、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 を、 $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面から c 面と平行になる方向に 12.5° より大 22.5° 以下傾斜した面とした場合、熱処理時の窒化処理の有無に関わらず、 $\{ 1 0 - 1 X \}$ 面、又は、 $\{ 2 0 - 2 X \}$ 面成分の成長が支配的になることが分かる。

【 0 0 6 2 】

また、表 5 より、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 を、第 1 の面と平行になる方向に傾斜した面とした場合、熱処理時に窒化処理を行い、かつ、比較的高温でバッファ層 2 0 を形成すると、 $\{ 1 1 - 2 2 \}$ 面成分の成長が支配的になることが分かる。

30

【 0 0 6 3 】

また、表 6 より、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 を、 $\{ 1 0 - 1 0 \}$ 面を a 面と平行になる方向に 29.5° 以上 30.5° 以下のいずれかの角度で傾斜した面を、更に c 面と平行になる方向に 27.5° 以上 30.5° 以下のいずれかの角度で傾斜した面とした場合、熱処理時に窒化処理を行うと、 $\{ 1 1 - 2 3 \}$ 面成分の成長が支配的になることが分かる。

【 0 0 6 4 】

本実施形態の III 族窒化物半導体基板の製造方法で得られた III 族窒化物半導体基板 1 は、第 1 乃至第 3 の因子と、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位とが、例えば上述したような所定の関係を満たしている。

40

【 0 0 6 5 】

また、本実施形態の III 族窒化物半導体基板の製造方法で得られた III 族窒化物半導体基板 1 は、第 1 乃至第 3 の因子と、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位及び表面状態とが、例えば表 1 乃至表 6 に示される所定の関係を満たしている。すなわち、本実施形態の III 族窒化物半導体基板の製造方法では、第 1 乃至第 3 の因子が、例えば、表 1 乃至表 6 において互いに対応付けられた複数の組み合わせの中のいずれかを満たすように調整されている。そして、表 1 乃至表 6 においてその組合せに対応付けられた面方位及び表面状態の成長面 3 1 を有する III 族窒化物半導体層 3 0 が形成される。

50

【0066】

ここで、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成する条件を例示する。

【0067】

例えば、表1及び表2を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面をa面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下、9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1060以上1120以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

10

【0068】

また、表2を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面をa面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、熱処理工程S20では、窒化処理を行わずに熱処理を行い、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1060以上1120以下とした場合、成長面31が{10-15}面、及び、{10-15}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面の中のいずれかであり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

【0069】

20

また、表1を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面をa面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、熱処理工程S20では、窒化処理を行わずに熱処理を行い、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1055以上1120以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

【0070】

また、表1を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面、又は、{10-10}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、熱処理工程S20では、窒化処理を行わずに熱処理を行い、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1060以上1120以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

30

【0071】

また、表3を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面をc面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、バッファ層形成工程S30では、成長温度を800以上1120以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

【0072】

40

また、表3を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面をc面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、熱処理工程S20では、窒化処理を行わずに熱処理を行い、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1060以上1120以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

【0073】

また、表5を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面を第1の面(c面をa面と平行になる方向に44.5°以上45.5°以下傾斜した面)と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11

50

として有するサファイア基板10を準備し、熱処理工程S20では、窒化処理を行いながら熱処理を行い、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1075以上1125以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

【0074】

また、表5を参照すれば、サファイア基板準備工程S10で、{10-10}面を第1の面(c面をa面と平行になる方向に44.5°以上45.5°以下傾斜した面)と平行になる方向に19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を主面11として有するサファイア基板10を準備し、熱処理工程S20では、窒化処理を行いながら熱処理を行い、バッファ層形成工程S30では、成長温度を1075以上1125以下とした場合、成長面31が所定の面方位となり、かつ、成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層30を形成することができる。

10

【0075】

以上説明したように、本実施形態によれば、所望の半極性面を成長面としてIII族窒化物半導体をエピタキシャル成長させる新たな技術が実現される。

【0076】

本実施形態によれば、サファイア基板10の主面11の面方位(第1の因子)、熱処理時の窒化処理の有無(第2の因子)、及び、バッファ層形成工程S30における成長温度(第3の因子)の中の少なくとも1つを調整することで、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位を調整することができる。

20

【0077】

本実施形態のIII族窒化物半導体基板1の製造方法で製造されたIII族窒化物半導体基板1は、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位と、第1乃至第3の因子の中の少なくとも1つとが所定の関係(例:表1乃至表6に示す関係)となっている。

【0078】

なお、+c面を成長面としてエピタキシャル成長したIII族窒化物半導体結晶から、半極性面が切断面となるように切り出された基板(以下、「比較対象基板」)は、本実施形態のIII族窒化物半導体基板1と異なる。比較対象基板は、成長面が+c面であり、半極性面ではないため、本実施形態のIII族窒化物半導体基板1とは明らかに異なる。

【0079】

+c面を成長面としたエピタキシャル成長と、{X0-XY}面(XおよびYは0以外の正の整数)を成長面としたエピタキシャル成長とでは、表面モフォロジが異なる。このため、微分干渉顕微鏡を用いて表面を観察すると、比較対象基板と、本実施形態のIII族窒化物半導体基板1とを見分けることができる。

30

【0080】

具体的には、+c面を成長面としたエピタキシャル成長を基に得られた比較対象基板は表面が特有の構造を有さない鏡面構造であるのに対し、{X0-XY}面(XおよびYは0以外の正の整数)を成長面とした本実施形態のIII族窒化物半導体基板1は表面がa軸方向に延伸する筋状構造を伴う鏡面構造か、または、凹凸を有する非鏡面構造となる。

【0081】

半極性面が露出した本実施形態のIII族窒化物半導体基板1上に電子デバイスや光デバイス等のデバイスを形成することで、c面上にデバイスを形成する場合よりも内部量子効率を上げることができる。

40

【0082】

また、本実施形態によれば、サファイア基板10の主面11の面方位(第1の因子)、熱処理時の窒化処理の有無(第2の因子)、及び、バッファ層形成工程S30における成長温度(第3の因子)の中の少なくとも1つを調整することで、III族窒化物半導体層30の成長面31の表面状態を調整することができる。

【0083】

本実施形態のIII族窒化物半導体基板1の製造方法で製造されたIII族窒化物半導体基板

50

1は、III族窒化物半導体層30の成長面31の表面状態と、第1乃至第3の因子の中の少なくとも1つとが所定の関係(例:表1乃至表6に示す関係)となっている。

【0084】

成長面31の表面状態が良好なIII族窒化物半導体層によれば、この上に作製したIII族窒化物半導体のデバイスの結晶性、電気特性が損なわれず、特性が良好となる。

【0085】

また、本実施形態によれば、サファイア基板10の主面11の面方位(第1の因子)、熱処理時の窒化処理の有無(第2の因子)、及び、バッファ層形成工程S30における成長温度(第3の因子)の中の少なくとも1つを調整することで、成長面31が所定の面方位となったIII族窒化物半導体層30を有するIII族窒化物半導体基板1が得られる。

10

【0086】

例えば、成長面31の面方位が{10-15}面、及び、{10-15}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面の中のいずれかであるIII族窒化物半導体層30を有するIII族窒化物半導体基板1(図2(3)及び図4参照)が得られる。

【0087】

本発明者らは、本実施形態の製造方法で得られた「成長面31の面方位が{10-15}面、及び、{10-15}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面の中のいずれかであるIII族窒化物半導体層30を有するIII族窒化物半導体基板1」は、表面モフォロジが平坦で、かつ、III族窒化物半導体層30を構成するIII族窒化物半導体の結晶性が良好(c面成長したIII族窒化物半導体と同等)であることを確認している。

20

【0088】

このようなIII族窒化物半導体基板1によれば、内部量子効率が高く、かつ、高品質なデバイスを製造することが可能となる。

【0089】

その他、成長面31の面方位が{11-22}面または{11-23}面であるIII族窒化物半導体層30を有するIII族窒化物半導体基板1(図2(3)及び図4参照)が得られる。このようなIII族窒化物半導体基板1は、表面平坦性において劣るが、側面部またはその傾斜面がm面となるため、この面で劈開し光学ミラー構造を作製することにより、レーザーデバイスを比較的簡便に作製することができる。

30

【0090】

<第1の実施例>

主面11の面方位(第1の因子)が様々なサファイア基板10を複数用意した。サファイア基板10の厚さは430µmであり、直径は2インチであった。

【0091】

そして、用意したサファイア基板10各々に対して、以下の条件で熱処理を行った。

【0092】

温度: 950 ~ 1100

圧力: 200 torr

熱処理時間: 10分または15分

キャリアガス: H₂、N₂

H₂(キャリアガス)供給量: 4.0slm~9.0slm

N₂(キャリアガス)供給量: 1.5slm

40

【0093】

なお、熱処理時の窒化処理の有無(第2の因子)を異ならせたサンプルを作成した。具体的には、熱処理時に30slm以下のNH₃を供給し、窒化処理を行うサンプルと、熱処理時にNH₃を供給せず、窒化処理を行わないサンプルの両方を作成した。

【0094】

熱処理後、サファイア基板10の主面11(露出面)上に、以下の条件で、約150nmの厚さのバッファ層20(AlNバッファ層)を形成した。

50

【0095】

成長方法：MOCVD法

圧力：100 torr

V/III比：5184

TMAI供給量：50 sccm ~ 100 sccm

NH₃供給量：1 ~ 5 slm

キャリアガス：H₂

H₂（キャリアガス）供給量：4.0 slm ~ 9.0 slm

N₂（キャリアガス）供給量：1.5 slm

【0096】

なお、成長温度（第3の因子）は、サンプルごとに、800 以上1120 以下の範囲で異ならせた。

【0097】

その後、バッファ層20の上に、以下の条件で、約15 μmの厚さのIII族窒化物半導体層30（GaN層）を形成した。

【0098】

成長方法：MOCVD法

成長温度：1000 ~ 1080

圧力：100 ~ 500 torr

V/III比：200 ~ 900

TMGa供給量：50 ~ 500 ccm（連続変化）

NH₃供給量：2 ~ 16 slm（連続変化）

キャリアガス：H₂、N₂

H₂（キャリアガス）供給量：13.5 slm

N₂（キャリアガス）供給量：1.5 slm

【0099】

以上のようにして、サファイア基板10と、バッファ層20と、III族窒化物半導体層30とがこの順に積層したIII族窒化物半導体基板1を製造した。

【0100】

表7乃至表12に、サファイア基板10の主面11の面方位（第1の因子）と、熱処理時の窒化処理の有無（第2の因子）と、バッファ層20形成時の成長温度（第3の因子）と、得られたIII族窒化物半導体層30の成長面31の面方位及び表面状態との関係を示す。

【0101】

10

20

30

【表 7】

サファイア主面	昇温時の 窒化処理	バッファ層 成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の 成長面	表面状態
{10-10} 面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-12} 面	×
	なし		{11-22} 面	○
{10-10} 面をa面 と平行になる方向に 2.0° 傾斜した面	あり	1055°C以上 1120°C以下	{11-22} 面をm面と平行になる方 向に2.0° 傾斜した面	○
	なし		{20-27} 面	×
	あり	800°C以上 950°C以下	{11-23} 面をm面と平行になる方 向に8.5°、および、c面と平行にな る方向に4.5° 傾斜した面	×
{10-10} 面をa面 と平行になる方向に 5.0° 傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{11-22} 面をm面と平行になる方 向に5.0° 傾斜した面	○
	なし			

10

20

【 0 1 0 2 】

【表 8】

サファイア主面	昇温時の 窒化処理	バッファ層 成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の 成長面	表面状態
{10-10} 面をa面 と平行になる方向に 10.0° 傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{11-22} 面をm面と平行になる方 向に10.0° 傾斜した面	○
	なし		{10-15} 面	
{10-10} 面をa面 と平行になる方向に 15.0° 傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-17} 面	○
	なし			
{10-10} 面をa面 と平行になる方向に 20.0° 傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-19} 面	○
	なし			

30

40

【 0 1 0 3 】

【表 9】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面をc面と平行になる方向に2.0°傾斜した面	あり	950°C以上 1120°C以下	{11-22}面をa面と平行になる方向に2.0°傾斜した面	△
	なし			
	あり	800°C以上 950°C以下		
{10-10}面をc面と平行になる方向に5.0°傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{20-27}面	×
	なし		{11-22}面をa面と平行になる方向に5.0°傾斜した面	△
{10-10}面をa面と平行になる方向に10.0°傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-13}面	×
	なし		{11-22}面をa面と平行になる方向に10.0°傾斜した面	

10

20

【 0 1 0 4 】

【表 10】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	Ⅲ族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面をc面と平行になる方向に15.0°傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{10-13}面	×
	なし			
{10-10}面をc面と平行になる方向に20.0°傾斜した面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{20-27}面	×
	なし			
{10-12}面	あり	1060°C以上 1120°C以下	{11-20}面	×
	なし			

30

40

【 0 1 0 5 】

【表 1 1】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	III族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{10-10}面を第1の面と平行になる方向に10.0°傾斜した面	あり	1075°C以上 1125°C以下	{11-23}面をm面と平行になる方向に10°傾斜した面	△
{10-10}面を第1の面と平行になる方向に15.0°傾斜した面	あり	1075°C以上 1125°C以下	{11-28}面	×
{10-10}面を第1の面と平行になる方向に20.0°傾斜した面	あり	1075°C以上 1125°C以下	{11-2・10}面をm面と平行になる方向に10°傾斜した面	×

10

【0106】

【表 1 2】

サファイア主面	昇温時の窒化処理	バッファ層成長温度	III族窒化物半導体層の成長面	表面状態
{11-23}面	あり	800°C以上 950°C以下	{11-23}面をc面と平行になる方向に4.0°傾斜した面	△

20

【0107】

表面状態「△」は、微分干渉顕微鏡観察下において、表面が鏡面構造を有しており、かつ、グレイン（結晶粒）の境界が明確に観察されない状態を意味する。表面状態「△」は、微分干渉顕微鏡観察下において、表面が鏡面構造を有しているが、グレイン（結晶粒）の境界が観察される状態を意味する。表面状態「×」は、表面が鏡面とは認められない状態を意味する

30

【0108】

表7乃至表12に、表1乃至表6と同様の対応関係が示されている。この結果より、サファイア基板10の主面11の面方位（第1の因子）、熱処理時の窒化処理の有無（第2の因子）、及び、バッファ層形成工程S30における成長温度（第3の因子）の中の少なくとも1つを調整すると、表1乃至表6に示されるような関係性で、III族窒化物半導体層30の成長面31の面方位及び表面状態を調整できることが確認された。

【0109】

<第2の実施形態>

図5は、本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法の処理の流れの一例を示すフローチャートである。図示するように、本実施形態のIII族窒化物半導体基板の製造方法は、サファイア基板準備工程S10と、熱処理工程S20と、先流し工程S25と、バッファ層形成工程S30と、成長工程S40と、を有する。さらに、除去工程S50を有してもよい。本実施形態によれば、所望のN極性側の半極性面を成長面としてIII族窒化物半導体をエピタキシャル成長させ、III族窒化物半導体層30を形成することができる。以下、各工程について説明する。

40

【0110】

サファイア基板準備工程S10は、第1の実施形態と同様である。

【0111】

熱処理工程S20では、窒化処理を行いながら、又は、窒化処理を行わずに、サファイ

50

ア基板 10 に対して熱処理を行う。熱処理の条件は以下の通りである。

【0112】

温度：800 以上1200 以下

圧力：30 torr 以上760 torr 以下

熱処理時間：5分以上20分以下

キャリアガス： H_2 、又は、 H_2 と N_2 (H_2 比率 0 ~ 100%)

キャリアガス供給量：3 s l m 以上 50 s l m 以下

【0113】

なお、窒化処理を行いながら熱処理を行う場合、熱処理時に 30 s l m 以下の NH_3 が供給される。窒化処理を行わずに熱処理を行う場合、熱処理時に NH_3 が供給されない。

10

【0114】

先流し工程 S25 では、バッファ層形成工程 S30 の前に、トリメチルアルミニウムをサファイア基板 10 上に以下の条件で供給する。

【0115】

温度：500 以上1000 以下

圧力：30 torr 以上200 torr 以下

トリメチルアルミニウム供給量、供給時間：20 c c m 以上 500 c c m 以下、1 秒以上 60 秒以下

キャリアガス： H_2 、又は、 H_2 と N_2 (H_2 比率 0 ~ 100%)

キャリアガス供給量：3 s l m 以上 50 s l m 以下

20

【0116】

上記条件は、金属含有ガスとして有機金属原料であるトリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウムを供給する場合のものである。当該工程では、トリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウムに代えて他の金属を含有する金属含有ガスを供給し、アルミニウム膜に代えて、チタン膜、バナジウム膜や銅膜等の他の金属膜をサファイア基板の主面上に形成してもよい。また、有機金属原料から生成するメタン、エチレン、エタン等の炭化水素化合物との反応膜である炭化アルミニウム、炭化チタン、炭化バナジウムや炭化銅等の他の炭化金属膜をサファイア基板の主面上に形成してもよい。

【0117】

バッファ層形成工程 S30 では、図 2 (2) に示すように、熱処理後のサファイア基板 10 の主面 11 の上に、バッファ層 20 を形成する。形成するバッファ層 20 の厚さは、例えば、20 nm 以上 300 nm 以下である。

30

【0118】

バッファ層 20 は、例えば、AlN 層である。例えば、以下の条件で AlN 結晶をエピタキシャル成長させ、バッファ層 20 を形成してもよい。

【0119】

成長方法：MOCVD 法

成長温度：800 以上1000 以下

圧力：30 torr 以上200 torr 以下

V/III 比：3000 以上 6000 以下

TMAI 供給量：20 c c m 以上 500 c c m 以下

NH_3 供給量：0.5 s l m 以上 10 s l m 以下

キャリアガス： H_2 、又は、 H_2 と N_2 (H_2 比率 0 ~ 100%)

キャリアガス供給量：50 s l m 以下

40

【0120】

バッファ層形成工程 S30 における成長条件（比較的低い成長温度、比較的低い圧力）は、N 極性を維持しながら AlN を成長させるための条件となる。すなわち、バッファ層形成工程 S30 における成長条件は、成長工程 S40 で成長させる III 族窒化物半導体層 30 の成長面 31 の面方位を、N 極性側の面とするための複数の要素の中の 1 つである。

【0121】

50

成長工程 S 4 0 では、図 2 (3) に示すように、バッファ層 2 0 の上に、以下の成長条件で III 族窒化物半導体結晶 (例 : GaN 結晶) をエピタキシャル成長させ、成長面 3 1 が所定の面方位となっている III 族窒化物半導体層 3 0 を形成する。III 族窒化物半導体層 3 0 の厚さは、例えば、1 μm 以上 2 0 μm 以下である。

【 0 1 2 2 】

成長方法 : MOCVD 法

成長温度 : 8 0 0 以上 1 0 5 0 以下

圧力 : 3 0 t o r r 以上 2 0 0 t o r r 以下

V / III 比 : 2 0 0 以上 9 0 0 以下

T M G a 供給量 : 5 0 c c m 以上 1 0 0 0 c c m 以下

N H ₃ 供給量 : 1 s l m 以上 2 0 s l m 以下

成長速度 (growth rate) : 1 0 $\mu\text{m} / \text{h}$ 以上

キャリアガス : H₂ と N₂ (H₂ 比率 0 ~ 1 0 0 %)

キャリアガス供給量 : 5 0 s l m 以下

10

【 0 1 2 3 】

成長工程 S 4 0 における成長条件 (比較的低い成長温度、比較的低い圧力、比較的速い成長速度) は、N 極性を維持しながら GaN を成長させるための条件となる。すなわち、成長工程 S 4 0 における成長条件は、成長工程 S 4 0 で成長させる III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位を、N 極性側の面とするための複数の要素の中の 1 つである。

【 0 1 2 4 】

除去工程 S 5 0 は、第 1 の実施形態と同様である。

20

【 0 1 2 5 】

以上説明した本実施形態によれば、先流し工程 S 2 5 の実施、及び、成長工程 S 4 0 における成長条件の調整等により、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位を N 極性側の面とすることができる。また、上述した第 1 乃至第 3 の因子の調整により、III 族窒化物半導体層 3 0 の成長面 3 1 の面方位を、所望の面方位に調整することができる。

【 0 1 2 6 】

また、本実施形態によれば、N 極性側の半極性面を成長面 3 1 とする III 族窒化物半導体層 3 0 を形成することができる。かかる場合、ピエゾ分極の低減だけでなく、自発分極も低減できる。結果、内部電界によっておこるシュタルク効果が抑制できる。

30

【 0 1 2 7 】

< 第 2 の実施例 >

主面 1 1 の面方位 (第 1 の因子) が m 面を a 面方向と平行になる方向に 2 ° 傾斜した面であるサファイア基板 1 0 を用意した。サファイア基板 1 0 の厚さは 4 3 0 μm であり、直径は 2 インチであった。

【 0 1 2 8 】

そして、用意したサファイア基板 1 0 各々に対して、以下の条件で熱処理を行った。

【 0 1 2 9 】

温度 : 8 0 0 以上 1 1 2 0 以下

圧力 : 2 0 0 t o r r

熱処理時間 : 1 0 分または 1 5 分

キャリアガス : H₂、N₂

H₂ (キャリアガス) 供給量 : 4 . 0 s l m ~ 2 0 s l m

N H ₃ 供給量 : 2 0 s l m 以下

40

【 0 1 3 0 】

熱処理後、以下の条件で、サファイア基板 1 0 の主面 1 1 (露出面) 上にトリメチルアルミニウムを供給した。

【 0 1 3 1 】

温度 : 9 0 0 ~ 9 3 0

圧力 : 1 0 0 t o r r

50

トリメチルアルミニウム供給量、供給時間：90 s c c m、10秒

キャリアガス：H₂、N₂

キャリアガス供給量：15 s l m

【0132】

トリメチルアルミニウム供給後、サファイア基板10の主面11（露出面）上に、以下の条件で、約150 nmの厚さのバッファ層20（AlNバッファ層）を形成した。

【0133】

成長方法：MOCVD法

圧力：100 torr

V/III比：5184

TMAI供給量：50 c c m

NH₃供給量：1～5 s l m

キャリアガス：H₂

H₂（キャリアガス）供給量：4.0 s l m～15 s l m

成長温度：800 以上930 以下

【0134】

その後、バッファ層20の上に、以下の条件で、約15 μmの厚さのIII族窒化物半導体層30（GaN層）を形成した。

【0135】

成長方法：MOCVD法

圧力：100 torr

V/III比：321

TMGa供給量：50 s c c m～500 s c c m（連続変化）

NH₃供給量：5 s l m～10 s l m（連続変化）

キャリアガス：H₂、N₂

H₂（キャリアガス）供給量：13.5 s l m

N₂（キャリアガス）供給量：1.5 s l m

【0136】

成長温度1050 以下でIII族窒化物半導体層30を形成したサンプル1と、成長温度1050 より大でIII族窒化物半導体層30を形成したサンプル2とを作成した。

【0137】

サンプル1のIII族窒化物半導体層30の成長面の面方位は、（-1-12-3）面をm面と平方向なる方向に10°以下傾斜した面であった。一方、サンプル2のIII族窒化物半導体層30の成長面の面方位は、（11-23）面をm面と平方向なる方向に10°以下傾斜した面であった。すなわち、先流し工程S25の実施、及び、成長工程S40における成長条件（特に成長温度）の調整等により、窒化物半導体層30の成長面31の面方位をN極性側の面にできることが確認できた。

【0138】

以下、参考形態の例を付記する。

1. {10-10}面、又は、{10-10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、前記サファイア基板に対して熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっているIII族窒化物半導体層を形成する成長工程と、

を有し、

前記サファイア基板の前記主面の面方位、前記熱処理時の前記窒化処理の有無、及び、前記バッファ層形成工程における成長温度の中の少なくとも1つは、前記III族窒化物半

10

20

30

40

50

導体層の前記成長面が前記所定の面方位になるよう調整されているIII族窒化物半導体基板の製造方法。

2. {10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程と、

前記サファイア基板に対して、窒化処理を行いながら、又は、前記窒化処理を行わずに、1060 以上1120 以下の温度で熱処理を行う熱処理工程と、

前記熱処理後の前記サファイア基板の前記主面の上に、800 以上1125 以下の成長温度でバッファ層を形成するバッファ層形成工程と、

前記バッファ層の上に、III族窒化物半導体層を形成する成長工程と、
を有するIII族窒化物半導体基板の製造方法。

10

3. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をa面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下、9.5°以上10.5°以下、14.5°以上15.5°以下、及び、19.5°以上20.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を1060 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

4. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をa面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を1055 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

20

5. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面、又は、{10 - 10}面を0°より大0.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行わずに、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を1060 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

30

6. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をc面と平行になる方向に1.5°以上2.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を800 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

7. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面をc面と平行になる方向に4.5°以上5.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行わずに、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を1060 以上1120 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

40

8. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、{10 - 10}面を第1の面と平行になる方向に9.5°以上10.5°以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を1075 以上1125 以下とし、

50

前記第1の面は、c面をa面と平行になる方向に 44.5° 以上 45.5° 以下傾斜した面であるIII族窒化物半導体基板の製造方法。

9. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、 $\{10-10\}$ 面を第1の面と平行になる方向に 19.5° 以上 20.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を 1075 以上 1125 以下とし、

前記第1の面は、c面をa面と平行になる方向に 44.5° 以上 45.5° 以下傾斜した面であるIII族窒化物半導体基板の製造方法。 10

10. 1又は2に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記サファイア基板準備工程では、 $\{10-10\}$ 面をa面と平行になる方向に 29.5° 以上 30.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を、更にc面と平行になる方向に 27.5° 以上 30.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面を前記主面として有する前記サファイア基板を準備し、

前記熱処理工程では、前記窒化処理を行いながら、前記熱処理を行い、

前記バッファ層形成工程では、前記成長温度を 800 以上 950 以下とするIII族窒化物半導体基板の製造方法。

11. 1から10のいずれかに記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記成長工程の後に、前記サファイア基板を除去する除去工程をさらに有するIII族窒化物半導体基板の製造方法。 20

12. 1に記載のIII族窒化物半導体基板の製造方法において、

前記熱処理工程の後、かつ、前記バッファ層形成工程の前に、前記サファイア基板上に金属含有ガスを供給する先流し工程をさらに有し、

前記成長工程では、 800 以上 1050 以下の成長温度でIII族窒化物半導体層を形成するIII族窒化物半導体基板の製造方法。

13. III族窒化物半導体結晶で構成され、成長面の面方位が $\{10-15\}$ 面、及び、 $\{10-15\}$ 面を 0° より大 0.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面の中のいずれかであるIII族窒化物半導体層を有するIII族窒化物半導体基板。

14. 13に記載のIII族窒化物半導体基板において、 30

前記成長面は前記III族窒化物半導体層の表面の一部となっており、

前記成長面と反対の表面側に位置し、前記III族窒化物半導体層と一体となっているサファイア基板をさらに有するIII族窒化物半導体基板。

15. 14に記載のIII族窒化物半導体基板において、

前記サファイア基板は、 $\{10-10\}$ 面をa面と平行になる方向に 9.5° 以上 10.5° 以下の中のいずれかの角度で傾斜した面である主面を有し、

前記主面の上に前記III族窒化物半導体層が位置するIII族窒化物半導体基板。

【符号の説明】

【0139】

- 1 III族窒化物半導体基板 40
- 10 サファイア基板
- 11 主面
- 20 バッファ層
- 30 III族窒化物半導体層
- 31 成長面

【要約】

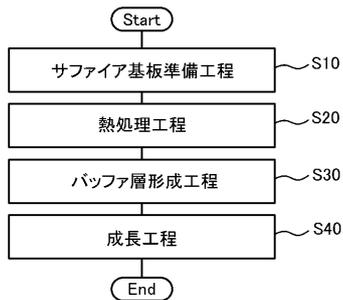
【課題】III族窒化物半導体基板上に、内部量子効率が高いデバイスを形成する。

【解決手段】 $\{10-10\}$ 面、又は、 $\{10-10\}$ 面を所定の方向に所定角度傾斜した面を主面として有するサファイア基板を準備するサファイア基板準備工程S10と、窒化処理を行いながら、又は、窒化処理を行わずに、サファイア基板に対して熱処理を行う 50

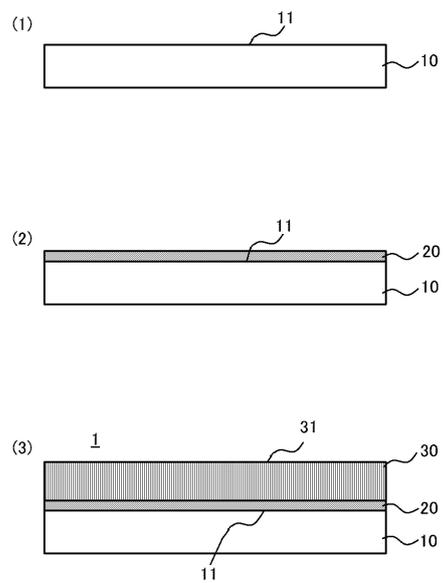
熱処理工程 S 2 0 と、熱処理後のサファイア基板の主面の上に、バッファ層を形成するバッファ層形成工程 S 3 0 と、バッファ層の上に、成長面が所定の面方位となっている III 族窒化物半導体層を形成する成長工程 S 4 0 と、を有し、サファイア基板の主面の面方位、熱処理時の窒化処理の有無、及び、バッファ層形成工程における成長温度の中の少なくとも 1 つは、III 族窒化物半導体層の成長面を所定の面方位になるよう調整されている III 族窒化物半導体基板の製造方法。

【選択図】図 1

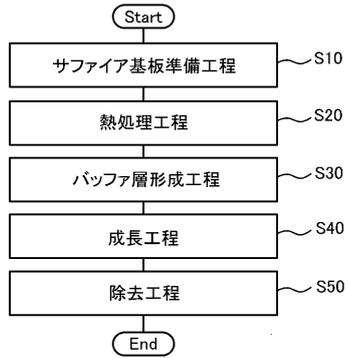
【図 1】



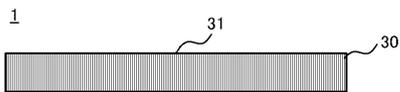
【図 2】



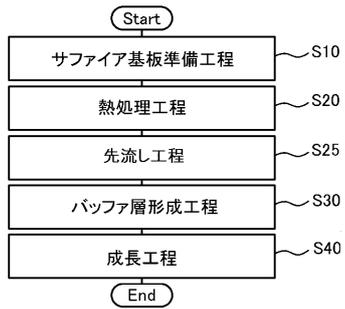
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-078613(JP,A)
特開2011-042542(JP,A)
特開2005-343713(JP,A)
特開2007-254258(JP,A)
特開2014-172797(JP,A)
特開2014-196230(JP,A)
特開2007-063121(JP,A)
特開2007-214251(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205
C23C 16/02
C23C 16/34
C30B 29/38
H01L 21/20