

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6146041号
(P6146041)

(45) 発行日 平成29年6月14日(2017.6.14)

(24) 登録日 平成29年5月26日(2017.5.26)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/02	B
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20	
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/32	
HO 1 L 21/338 (2006.01)	HO 1 L 29/80	H
HO 1 L 29/812 (2006.01)	HO 1 L 29/48	D
請求項の数 10 (全 27 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2013-29123 (P2013-29123)	(73) 特許権者	000002130 住友電気工業株式会社
(22) 出願日	平成25年2月18日(2013.2.18)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(65) 公開番号	特開2014-157980 (P2014-157980A)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(43) 公開日	平成26年8月28日(2014.8.28)	(72) 発明者	柳澤 拓弥 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
審査請求日	平成27年12月22日(2015.12.22)	(72) 発明者	石橋 恵二 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	上松 康二 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
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 III族窒化物複合基板および積層III族窒化物複合基板、ならびにIII族窒化物半導体デバイスおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

支持基板と、厚さが50nm以上10μm未満のIII族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が75mm以上のIII族窒化物複合基板であって、

前記支持基板と前記III族窒化物膜との間に介在して、前記支持基板と前記III族窒化物膜とを接合する接合膜を備え、

前記接合膜は、厚さ分布が2%以上40%以下である、III族窒化物複合基板。

【請求項2】

支持基板と、厚さが50nm以上10μm未満のIII族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が75mm以上のIII族窒化物複合基板であって、

前記支持基板と前記III族窒化物膜との間に介在して、前記支持基板と前記III族窒化物膜とを接合する接合膜を備え、

前記支持基板と前記III族窒化物膜とのせん断接合強度が4MPa以上40MPa以下であり、

前記支持基板と前記III族窒化物膜との接合面積率が60%以上98%以下である、III族窒化物複合基板。

【請求項3】

前記支持基板の熱膨張係数 α_s に対する前記III族窒化物膜の熱膨張係数 α_{III-N} の比 $\alpha_{III-N} / \alpha_s$ が0.75以上1.25以下であり、前記支持基板の厚さ t_s に対する前記III族窒化物膜の厚さ t_{III-N} の比 t_{III-N} / t_s が0.0002以上0.02以下であ

る、請求項 1 または 2 に記載の III 族窒化物複合基板。

【請求項 4】

前記支持基板の熱伝導率 κ_s が $3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以上 $280 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以下である、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の III 族窒化物複合基板。

【請求項 5】

前記支持基板のヤング率 E_s が 150 GPa 以上 500 GPa 以下である、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の III 族窒化物複合基板。

【請求項 6】

直径が 125 mm 以上 300 mm 以下である、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の III 族窒化物複合基板。

10

【請求項 7】

請求項 1 または 2 に記載の III 族窒化物複合基板と、前記 III 族窒化物複合基板の前記 III 族窒化物膜側の主面上に配置されている少なくとも 1 層の III 族窒化物層と、を含む、積層 III 族窒化物複合基板。

【請求項 8】

請求項 1 または 2 に記載の III 族窒化物複合基板中の前記 III 族窒化物膜と、前記 III 族窒化物膜上に配置されている少なくとも 1 層の III 族窒化物層と、を含む、III 族窒化物半導体デバイス。

【請求項 9】

請求項 1 または 2 に記載の III 族窒化物複合基板を準備する工程と、前記 III 族窒化物複合基板の前記 III 族窒化物膜上に、少なくとも 1 層の III 族窒化物層を成長させる工程と、を含む、III 族窒化物半導体デバイスの製造方法。

20

【請求項 10】

前記 III 族窒化物層上にさらにデバイス支持基板を貼り合わせる工程と、前記 III 族窒化物複合基板から前記支持基板を除去する工程と、をさらに含む、請求項 9 に記載の III 族窒化物半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、III 族窒化物複合基板および積層 III 族窒化物複合基板、ならびに III 族窒化物半導体デバイスおよびその製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

GaN などの III 族窒化物は、優れた半導体特性を有していることから、半導体デバイスに好適に用いられている。

【0003】

たとえば、特開 2009 - 126722 号公報 (特許文献 1) は、半導体デバイス用基板として、直径が 25 mm 以上 160 mm 以下で厚さが $100 \mu\text{m}$ 以上 $1000 \mu\text{m}$ 以下の自立 III 族窒化物基板、具体的な実施例として直径が 100 mm で厚さが $400 \mu\text{m}$ の自立 GaN 基板を開示する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 126722 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に開示される自立 III 族窒化物基板は非常に高価である。これは主に、III 族窒化物は液相を形成しないため、安価な製造方法である液相成長法を採用することができず、収率が低い気相成長法を採用せざるを得ないからである。また

50

、III族窒化物は、破壊靱性が低く、非常に割れやすい材料である。そのため、基板の大口径化が困難である。また、基板を薄厚化すると、基板に反りが生じやすく、基板の上にエピタキシャル層を成長させる工程において、結晶品質が低下したり、基板剥離が発生したりするなどの場合があり、半導体デバイスの製造歩留まりを低下させるため、半導体デバイスの高付加価値化が困難であった。

【0006】

本発明は上記の課題を解決して、安価に製造することができるとともに、大口径で厚さが薄く、かつ結晶品質の高いIII族窒化物膜を有するIII族窒化物複合基板および積層III族窒化物複合基板、ならびにIII族窒化物半導体デバイスおよびその製造方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、ある局面に従えば、支持基板と、厚さが50nm以上10 μ m未満のIII族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が75mm以上のIII族窒化物複合基板であって、該支持基板と該III族窒化物膜との間に介在して、該支持基板と該III族窒化物膜とを接合する接合膜を備え、該接合膜は、厚さ分布が2%以上40%以下である、III族窒化物複合基板である。

【0008】

本発明は、別の局面に従えば、支持基板と、厚さが50nm以上10 μ m未満のIII族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が75mm以上のIII族窒化物複合基板であって、該支持基板と該III族窒化物膜との間に介在して、該支持基板と該III族窒化物膜とを接合する接合膜を備え、該支持基板と該III族窒化物膜とのせん断接合強度が4MPa以上40MPa以下であり、該支持基板と該III族窒化物膜との接合面積率が60%以上98%以下である、III族窒化物複合基板である。

20

【0009】

本発明のこれらの局面に従うIII族窒化物複合基板において、上記支持基板の熱膨張係数 α_s に対する上記III族窒化物膜の熱膨張係数 α_{III-N} の比 α_{III-N}/α_s は0.75以上1.25以下であり、上記支持基板の厚さ t_s に対する上記III族窒化物膜の厚さ t_{III-N} の比 t_{III-N}/t_s は0.0002以上0.02以下とすることができる。

【0010】

また、上記支持基板の熱伝導率 κ_s は3W \cdot m⁻¹ \cdot K⁻¹以上280W \cdot m⁻¹ \cdot K⁻¹以下とすることができる。

30

【0011】

また、上記支持基板のヤング率 E_s は150GPa以上500GPa以下とすることができる。

【0012】

さらに、上記III族窒化物複合基板の直径は125mm以上300mm以下とすることができる。

【0013】

本発明は、さらに別の局面に従えば、上記局面に従うIII族窒化物複合基板と、上記III族窒化物複合基板の上記III族窒化物膜側の主面上に配置されている少なくとも1層のIII族窒化物層と、を含む積層III族窒化物複合基板である。

40

【0014】

本発明は、さらに別の局面に従えば、上記局面に従うIII族窒化物複合基板中の上記III族窒化物膜と、上記III族窒化物膜上に配置されている少なくとも1層のIII族窒化物層と、を含む、III族窒化物半導体デバイスである。

【0015】

本発明は、さらに別の局面に従えば、III族窒化物複合基板を準備する工程と、該III族窒化物複合基板の該III族窒化物膜上に、少なくとも1層のIII族窒化物層を成長させる工程と、を含む、III族窒化物半導体デバイスの製造方法である。

50

【 0 0 1 6 】

本発明のかかる局面に従う I I I 族窒化物半導体デバイスの製造方法は、上記 I I I 族窒化物層上にさらにデバイス支持基板を貼り合わせる工程と、上記 I I I 族窒化物複合基板から上記支持基板を除去する工程と、をさらに含むことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、安価に製造することができるとともに、大口径で厚さが薄く、かつ結晶品質の高い I I I 族窒化物膜を有する I I I 族窒化物複合基板およびその製造方法、積層 I I I 族窒化物複合基板、ならびに I I I 族窒化物半導体デバイスおよびその製造方法を提供することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 本発明にかかる I I I 族窒化物複合基板の一例を示す概略断面図である。

【 図 2 】 本発明にかかる積層 I I I 族窒化物複合基板の一例を示す概略断面図である。

【 図 3 】 本発明にかかる I I I 族窒化物半導体デバイスの一例を示す概略断面図である。

【 図 4 】 本発明にかかる I I I 族窒化物半導体デバイスの一例を示す概略断面図である。

【 図 5 】 本発明にかかる I I I 族窒化物複合基板の製造方法の一例を示す概略断面図である。

【 図 6 】 本発明にかかる I I I 族窒化物複合基板の製造方法の一例を示す概略断面図である。

20

【 図 7 】 本発明にかかる I I I 族窒化物複合基板の製造方法の一例を示す概略断面図である。

【 図 8 】 本発明にかかる I I I 族窒化物複合基板の製造方法の一例を示す概略断面図である。

【 図 9 】 本発明にかかる I I I 族窒化物半導体デバイスの製造方法の一例を示す概略断面図である。

【 図 1 0 】 本発明にかかる I I I 族窒化物半導体デバイスの製造方法の一例を示す概略断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

30

[実施形態 1 : I I I 族窒化物複合基板]

図 1 を参照して、実施形態 1 である I I I 族窒化物複合基板 1 を説明する。I I I 族窒化物複合基板 1 は、支持基板 1 1 と、厚さが 5 0 n m 以上 1 0 μ m 未満の I I I 族窒化物膜 1 3 と、が貼り合わされた直径が 7 5 m m 以上の基板である。I I I 族窒化物複合基板 1 は、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 との間に介在して、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 とを接合する接合膜 1 2 を備えている。そして、接合膜 1 2 は、厚さ分布が 2 % 以上 4 0 % 以下であることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本実施形態は、従来の自立 I I I 族窒化物基板と異なり、I I I 族窒化物膜 1 3 が支持基板 1 1 に接合された複合基板である。かかる構成を採用することにより、高価な I I I 族窒化物膜の厚さを低減することができ、半導体デバイスの低廉化を図ることができる。

40

【 0 0 2 1 】

また、上記のように、厚さ分布が特定の範囲に制御された接合膜 1 2 を備えることにより、I I I 族窒化物膜 1 3 上にエピタキシャル層を形成する半導体デバイス工程において、基板を搭載するサセプタからの熱が膜内に均一に伝導されるため、良好な厚さ分布を有し、高い結晶品質を有するエピタキシャル層を得ることができ、以って、半導体デバイスの製造歩留まりを高めることができる。

【 0 0 2 2 】

また、本実施形態である I I I 族窒化物複合基板 1 は、接合膜 1 2 によって、接合された支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 とのせん断接合強度が 4 M P a 以上 4 0 M P a 以

50

下であり、かつ支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 との接合面積率が 6 0 % 以上 9 8 % 以下であることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

このように、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 との接合強度および接合面積率を特定の範囲に制御することにより、接合膜にかかる応力が緩和され、反りの発生を抑制することができ、以って、半導体デバイスの製造歩留まりを高めることができる。

【 0 0 2 4 】

本実施形態である I I I 族窒化物複合基板 1 は、上記のような接合膜 1 2 の厚さ分布の特徴と、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 との接合強度および接合面積率の特徴と、の少なくとも一方を有することにより、半導体デバイスの製造歩留まりを高めることができる。そして、I I I 族窒化物複合基板 1 が両方の特徴を併せ持つ場合には、それらの効果が相乗的に作用し、本発明の効果をより一層高めることができるため特に好ましい。

【 0 0 2 5 】

(I I I 族窒化物複合基板の直径)

I I I 族窒化物複合基板 1 の直径は、1 枚の複合基板から半導体デバイスのチップの取れ数を多くする観点から、7 5 m m 以上であり、1 0 0 m m 以上が好ましく、1 2 5 m m 以上がより好ましく、1 5 0 m m 以上がさらに好ましい。また、I I I 族窒化物複合基板 1 の直径は、複合基板の反りを低減し半導体デバイスの歩留を高くする観点から、3 0 0 m m 以下が好ましく、2 0 0 m m 以下がより好ましい。

【 0 0 2 6 】

以下、本実施形態である I I I 族窒化物複合基板 1 を構成する各部について説明する。

(接合膜)

本実施形態の接合膜 1 2 は、支持基板 1 1 の接合面および I I I 族窒化物膜 1 3 の接合面の凹凸を吸収、緩和して支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 との接合強度を高める機能を有する。

【 0 0 2 7 】

接合膜 1 2 は、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 とを接合できるものであれば特に制限されないが、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 との接合性が高い観点から、S i O₂ 膜、S i₃ N₄ 膜、T i O₂ 膜、G a₂ O₃ 膜などが好ましい。接合膜 1 2 の平均厚さは、特に制限されないが、たとえば、1 0 0 n m ~ 4 μ m 程度とすることができる。

【 0 0 2 8 】

(接合膜の厚さ分布)

本実施の形態において、接合膜 1 2 の厚さ分布は 2 % 以上 4 0 % 以下である。ここで、「厚さ分布」とは、接合膜 1 2 の厚みの均一性を示す指標であり、接合膜 1 2 の主面の面内全域に亘って測定された厚さのうち、「厚さの最大値 t_{max}」と「厚さの最小値 t_{min}」とから次式により算出された値である。

【 0 0 2 9 】

$$\text{式：厚さ分布 (\%)} = \{ (t_{\max} - t_{\min}) / (t_{\max} + t_{\min}) \} \times 1 0 0$$

ここで、接合膜の厚さの基準面は、たとえば、支持基板 1 1 の主面 1 1 m とすることができる。また、厚さの測定点は少なくとも 1 3 点とすることが好ましく、隣接する各測定点の間隔は略均等間隔であることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

なお、接合膜の厚さは、従来公知の光干渉式膜厚計や段差計などにより測定することができる。また、該厚さは接合膜 1 2 の主面に対する垂直断面を走査型電子顕微鏡 (S E M (Scanning Electron Microscope)) などにより観察することによっても測定することができる。

【 0 0 3 1 】

かかる厚さ分布が 2 % 未満である場合には、エピタキシャル層を成長させる際に、基板を搭載するサセプタからの熱伝導が不均一となり、基板が凹状に反ることで中央部と外周部との温度差が大きくなり、良質なエピタキシャル層を成長させることができず、半導体

10

20

30

40

50

デバイスの製造歩留まりが低下するとともに、半導体デバイスの特性が低下する。厚さ分布が40%を超える場合には、接合膜の薄い領域や接合膜が消失した領域（すなわち、未接合領域）が増加するため、この場合にも良質なエピタキシャル層を成長させることができず、半導体デバイスの製造歩留まりが低下する。したがって、本実施形態の接合膜の厚さ分布は、2%以上40%以下である。接合膜12の厚さ分布が該範囲を占めることにより、エピタキシャル成長時に複合基板全体の温度分布が均一化され、高い結晶品質を有する良質なエピタキシャル層を成長させることができるという優れた効果を示す。かかる厚さ分布は、より好ましくは5%以上25%以下であり、さらに好ましくは7%以上16%以下である。厚さ分布が該範囲を占めることにより、さらに接合膜の厚みの均一性が高められ、III族窒化物膜13の上に形成されるエピタキシャル層の結晶品質をより一層高いものとすることができる。

10

【0032】

接合膜の厚さ分布は、たとえば、接合膜の表面を化学機械的研磨（以下「CMP（chemical mechanical polishing）」とも記す）する際の条件を適宜調整することにより、所望の範囲に制御することができる。かかる条件としては、たとえば、研磨材の材質、研磨の線速度、研磨パッドの材質などを挙げることができる。

【0033】

（せん断接合強度）

本実施形態において、接合膜12によって接合された支持基板11とIII族窒化物膜13とのせん断接合強度は4MPa以上40MPa以下である。せん断接合強度が該範囲を占めることにより、半導体デバイスの製造工程において、基板剥離が発生することなく、基板の反りも緩和されるため、半導体デバイスの製造歩留まりが顕著に向上する。かかるせん断接合強度は、より好ましくは10MPa以上30MPa以下である。この場合、基板の反りを緩和させる効果がより一層高まる傾向にあるため好適である。せん断接合強度が4MPa未満の場合には、接合強度が十分ではなく、エピタキシャル成長時に、基板を搭載するサセプタからの熱伝導に起因する基板の変形により、基板剥離が発生し、半導体デバイスの製造歩留まりが低下する。せん断接合強度が40MPaを超える場合には、接合膜12に加わる応力が大きくなり、基板の反りが促進される傾向にあり、半導体デバイスの製造歩留まりが低下する。

20

【0034】

本実施形態において、かかるせん断接合強度は、ダイシエア試験機、引張試験機などを用いて、JIS K 6850「剛性被着材の引張せん断接着強さ試験方法」に準拠した方法によって測定することができる。すなわち、測定試料として矩形の複合基板（縦6mm×横8mm）を準備し、支持基板側を下にして、該複合基板を試験機の試料ステージ上に平置きにして固定した後、幅9mmの試験ジグでIII族窒化物膜に、支持基板とIII族窒化物膜との接合面に対して平行方向（すなわち、せん断方向）に荷重を印加し、接合面が破壊される際の最大せん断荷重を測定する。そして、最大せん断荷重を接合面の面積（ $4.8 \times 10^{-5} \text{m}^2$ ）で除すことにより、せん断接合強度を算出する。

30

【0035】

支持基板11とIII族窒化物膜13とのせん断接合強度を4MPa以上40MPa以下とする方法としては、たとえば、支持基板11とIII族窒化物膜13とを接合する前後にアニール処理する方法を好適に用いることができる。すなわち、支持基板11およびIII族窒化物膜13それぞれの一主表面に接合膜を形成した後、支持基板11とIII族窒化物膜13とをそれぞれアニール処理し、アニール処理後の支持基板11とIII族窒化物膜13とを、接合膜を介して接合した後、再度アニール処理を行なう方法が好適である。

40

【0036】

かかるアニール処理の条件は、好ましくは窒素雰囲気下、400以上で1時間以上であり、より好ましくは窒素雰囲気下、600以上で1時間以上であり、特に好ましくは窒素雰囲気下、800以上1時間以上である。

50

【0037】

ここで、接合膜の品質の観点から、アニール処理の温度条件は、1200 以下であることが好ましく、処理時間は48時間以下であることが好ましい。

【0038】

また、せん断接合強度は、接合膜の接合前における表面状態（すなわち、表面粗さ）によっても制御することができる。

【0039】

（接合面積率）

本実施形態のIII族窒化物複合基板1は、上記のように、支持基板11とIII族窒化物膜13とのせん断接合強度が4MPa以上40MPa以下であるとともに、支持基板11とIII族窒化物膜13との接合面積率が60%以上98%以下であることを要する。このように、2つの観点から、支持基板11とIII族窒化物膜13との関係を規定したことにより、本実施形態のIII族窒化物複合基板1は、エピタキシャル成長時の基板の反りを顕著に低減し、平坦性が高く良質なエピタキシャル層を成長させることができる。また、これにより、半導体デバイスの製造工程において、基板剥離の発生頻度が極めて低く、半導体デバイスの製造歩留まりが高いという優れた効果を有する。接合面積率が60%未満である場合には、エピタキシャル成長工程および半導体デバイス製造工程において、基板剥離の発生頻度が高く、半導体デバイスの製造歩留まりが低下する。接合面積率が98%を超える場合には、接合膜12に加わる応力が大きくなり、基板に反りが生じやすくなるため、この場合にも半導体デバイスの製造歩留まりが低下する。

【0040】

ここで、本実施形態において、「接合面積率」は、支持基板11とIII族窒化物膜13との接合面である接合膜12を超音波顕微鏡により観測した場合に、接合欠陥（ポイドあるいは剥離）として検出される面積の総和を、支持基板11の主面11mの面積で除した値に100を乗じた値である。かかる接合面積率は、より好ましくは70%以上90%以下であり、さらに好ましくは80%以上86%以下である。接合面積率が該範囲を占める場合には、接合膜12に加わる応力が大幅に緩和され、半導体デバイスの製造歩留まりをより一層高めることができる。

【0041】

接合面積率を60%以上98%以下とする方法としては、たとえば、接合膜12の表面を清浄化する方法を用いることができる。具体的には、接合膜12の表面の汚れをCMPにより除去した後に、該表面をさらに水で超音波洗浄する方法を好適に用いることができる。また、より好ましい方法として、接合膜12の表面の汚れをCMPにより除去した後に、水酸化カリウム（KOH）水溶液や水などの薬液を用いた無砥粒ポリシング洗浄によりさらに汚れを除去する方法を用いることもできる。また、たとえば、超音波洗浄と無砥粒ポリシング洗浄とを併用しても良い。

【0042】

なお、接合面積率は、接合膜12の厚さ分布を2%以上40%以下とすることにより、より精細に制御することができる。すなわち、接合膜12の厚さ分布が2%以上40%以下であり、かつ接合面積率が60%以上98%以下であることが特に好ましい。

【0043】

（支持基板）

支持基板11は、III族窒化物膜13を支持できるものであれば特に制限はないが、高価なIII族窒化物の使用量を低減してコストを低減する観点から、III族窒化物と化学組成が異なる異組成基板であることが好ましい。支持基板11は透明であっても、不透明であっても良く、利用される半導体デバイスに応じて適宜選択することができる。

【0044】

支持基板11を構成する材料としては、従来公知のセラミックス材料、半導体材料、金属材料、多結晶材料、単結晶材料などを用いることができる。たとえば、窒化アルミニウム（AlN）、スピネル（MgAl₂O₄）、ムライト（3Al₂O₃・2SiO₂～2Al₂

10

20

30

40

50

$O_3 \cdot SiO_2$)、アルミナ (Al_2O_3)、グラファイトなどの焼結体材料、 AlN 、サファイアなどの単結晶材料、モリブデン (Mo)、タングステン (W) などの金属材料、ならびに銅 - タングステン ($Cu - W$) などの合金材料などを挙げることができる。

【0045】

また、支持基板 11 は、エピタキシャル成長時などにおいて、アンモニアガスをはじめとする高温の腐食性ガスに曝されることもあるため、耐食性を有する基板であることが好ましい。したがって、たとえば、表面の耐食性を高めるため各種の表面保護コーティングなどが付されていても良い。

【0046】

(支持基板の熱伝導率)

支持基板 11 の熱伝導率 κ_s は、 $3 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上 $280 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下が好ましく、 $5 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上 $210 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下がより好ましく、 $10 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上 $120 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下がさらに好ましい。ここで、支持基板 11 の熱伝導率 κ_s は、レーザフラッシュ法により測定することができる。熱伝導率 κ_s が好ましくは $3 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上、より好ましくは $5 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上、さらに好ましくは $10 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以上である支持基板 11 を有する III 族窒化物複合基板 1 は、III 族窒化物層を成長させる際にサセプタの主面からの熱を効率よく III 族窒化物複合基板 1 の III 族窒化物膜 13 の主面 13m に伝えることができる。熱伝導率 κ_s が好ましくは $280 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下、より好ましくは $210 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下、さらに好ましくは $120 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下である支持基板 11 を有する III 族窒化物複合基板 1 は、III 族窒化物層を成長させる際にサセプタの主面からの熱を III 族窒化物複合基板 1 の III 族窒化物膜 13 の主面の全体に均一に伝えることができる。熱伝導率 κ_s が $280 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 以下の支持基板 11 は、熱伝導率 κ_s が約 $300 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ の SiC 基板を支持基板として用いる場合よりも、III 族窒化物層を成長させる際にサセプタの主面からの熱を III 族窒化物複合基板 1 の III 族窒化物膜 13 の主面の全体に均一に伝えることができる。なお、支持基板 11 の熱伝導率は、III 族窒化物膜 13 の熱伝導率と異なっても良い。

【0047】

(支持基板の熱膨張係数)

支持基板 11 は、割れ難い基板であることが好ましい。そして、支持基板 11 の熱膨張係数は、III 族窒化物膜 13 の熱膨張係数と近似していることが好ましい。支持基板 11 がこのような性質を有することにより、III 族窒化物複合基板 1 が、エピタキシャル成長工程、半導体デバイス製造工程などで加熱されても、III 族窒化物膜 13 が割れ難くなるため好適である。

【0048】

具体的には、支持基板 11 の熱膨張係数 α_s に対する III 族窒化物膜 13 の熱膨張係数 α_{III-N} の比 $\alpha_{III-N} / \alpha_s$ は、 0.75 以上 1.25 以下が好ましく、 0.8 以上 1.2 以下がより好ましく、 0.9 以上 1.1 以下がさらに好ましく、 0.95 以上 1.05 以下が特に好ましい。

【0049】

(支持基板 11 の厚さ)

支持基板 11 の厚さ自体は特に制限されないが、加熱時に III 族窒化物膜 13 の反りや割れなどを抑制するという観点から、III 族窒化物膜 13 の厚さとの間で、次のような関係を満たすことが好ましい。すなわち、支持基板 11 の厚さ t_s に対する III 族窒化物膜 13 の厚さ t_{III-N} の比 t_{III-N} / t_s は、 0.0002 以上 0.02 以下であることが好ましい。ここで、上記の熱膨張係数の比 $\alpha_{III-N} / \alpha_s$ が 0.75 以上 1.25 以下であり、かつ厚さの比 t_{III-N} / t_s が 0.0002 以上 0.02 以下であることにより、複合基板の製造工程、エピタキシャル成長工程、半導体デバイス製造工程などのあらゆる場面において、III 族窒化物膜 13 の反りや割れなどに起因する不良の発生を大幅に低減することができる。なお、厚さの比 t_{III-N} / t_s は、より好ましくは、 0.0005 以

10

20

30

40

50

上0.02以下である。

【0050】

(支持基板のヤング率)

支持基板11のヤング率 E_s は、III族窒化物複合基板1が加熱された際の反りの発生を抑制するとの観点から、 E_s が150GPa以上500GPa以下であることが好ましい。 E_s が150GPa未満であると加熱時に反りが発生しやすい傾向にあり、 E_s が500GPaを超えると加熱時に割れやクラックが発生しやすい傾向にあるため好ましくない。ここで、 E_s のより好ましい範囲は、200GPa以上350GPa以下である。なお、支持基板11のヤング率は、III族窒化物膜13と異なっても良い。

【0051】

支持基板11を構成する材料のうち、III族窒化物膜13と熱膨張係数やヤング率が近い値である材料としては、たとえば、ムライト($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \sim 2Al_2O_3 \cdot SiO_2$)、ムライト-YSZ(イットリア安定化ジルコニア)、スピネル($MgAl_2O_4$)、 $Al_2O_3-SiO_2$ 系複合酸化物の焼結体、およびこれらに酸化物、窒化物、炭酸塩などを添加した焼結体により形成される基板、モリブデン(Mo)基板、タングステン(W)基板などを挙げることができる。ここで、酸化物、窒化物および炭酸塩に含まれる元素は、Ca、Mg、Sr、Ba、Al、Sc、Y、Ce、Pr、Si、Ti、Zr、V、Nb、Ta、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Znなどが好適に挙げられる。

【0052】

(III族窒化物膜)

III族窒化物膜13は、III族窒化物で形成される膜であり、GaN膜、AlN膜などの $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 膜($0 < x, 0 < y, x+y < 1$)などが挙げられる。

【0053】

III族窒化物膜13の厚さは、50nm以上10 μ m未満である。厚さが50nm未満の場合は、III族窒化物膜13が割れやすい傾向にあり、その上に良質なエピタキシャル層を成長させることが困難となる。また、厚さが10 μ m未満であることにより、高価なIII族窒化物の使用量を抑え、半導体デバイスの付加価値を高めることができる。

【0054】

III族窒化物膜13の結晶構造は、良好な特性の半導体デバイスが得られる観点から、ウルツ鉱型構造が好ましい。III族窒化物膜13の主面が最も近似する上記の所定の面方位は、所望の半導体デバイスに適したものであれば制限はなく、{0001}、{10-10}、{11-20}、{21-30}、{20-21}、{10-11}、{11-22}、{22-43}、およびこれらのそれぞれの面方位から15°以下の角度でずらした(15°以下でオフした)面方位でもよい。また、これらのそれぞれの面方位の面の裏面の面方位およびかかる裏面の面方位から15°以下の角度でずらした(15°以下でオフした)面方位でもよい。すなわち、III族窒化物膜13は、極性面、非極性面、および半極性面のいずれであってもよい。また、III族窒化物膜13の主面は、大口径化が容易であるとの観点から{0001}面およびその裏面が好ましく、得られる発光デバイスのブルーシフトを抑制する観点から{10-10}面、{20-21}面およびそれらの裏面が好ましい。

【0055】

III族窒化物膜13の主面13mにおける不純物金属原子は、III族窒化物膜13上に成長させるIII族窒化物層の結晶品質を高め、形成する半導体デバイスの特性を高くする観点から、 3×10^{13} 原子/cm²以下が好ましく、 1×10^{13} 原子/cm²以下がより好ましく、 1×10^{12} 原子/cm²以下がさらに好ましい。支持基板11として、ムライト($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \sim 2Al_2O_3 \cdot SiO_2$)、ムライト-YSZ(イットリア安定化ジルコニア)、スピネル($MgAl_2O_4$)、 $Al_2O_3-SiO_2$ 系複合酸化物の焼結体などの基板を含むIII族窒化物複合基板1は、支持基板11からの金属原子の溶出を抑制した洗浄、たとえば、界面活性剤と純水とを用いたスクラブ洗浄、二流体洗浄、メガソニック洗浄、低濃度の酸またはアルカリを用いた片面の枚葉洗浄などにより、II

10

20

30

40

50

I 族窒化物膜 13 の主面 13 m における不純物金属原子の濃度が低減されていることが好ましい。

【0056】

また、III 族窒化物膜 13 の主面 13 m におけるその他の不純物は、III 族窒化物膜 13 上に成長させる III 族窒化物層の結晶品質を高め、形成する半導体デバイスの特性を高くする観点から、Cl 原子が 2×10^{14} 原子 / cm^2 以下が好ましく、Si 原子が 9×10^{13} 原子 / cm^2 以下が好ましい。III 族窒化物膜 13 の転位密度は、特に制限はないが、半導体デバイスのリーク電流低減化の観点から、 $1 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ 以下が好ましい。III 族窒化物膜 13 のキャリア濃度は、特に制限はないが、半導体デバイスの低抵抗化の観点から、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましい。

10

【0057】

[実施形態 2：積層 III 族窒化物複合基板]

以下、図 2 を参照して、別の実施形態である積層 III 族窒化物複合基板 2 を説明する。

【0058】

積層 III 族窒化物複合基板 2 は、実施形態 1 の III 族窒化物複合基板 1 と、III 族窒化物複合基板 1 の III 族窒化物膜 13 側の主面 13 m 上に配置されている少なくとも 1 層の III 族窒化物層 20 と、を含む。

【0059】

このように、III 族窒化物複合基板 1 の III 族窒化物膜 13 側の主面 13 m 上に、III 族窒化物層 20 が配置されることにより、III 族窒化物層 20 は良質なエピタキシャル層として成長することができる。

20

【0060】

本実施形態の積層 III 族窒化物複合基板 2 において、III 族窒化物膜 13 側の主面 13 m 上に配置されている III 族窒化物層 20 は、作製する半導体デバイスの種類に応じて異なる。半導体デバイスとして発光デバイスを作製する場合は、III 族窒化物層 20 は、たとえば、n - GaN 層 21、n - $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層 22、多重量子井戸構造を有する活性層 23、p - $\text{Al}_{0.09}\text{Ga}_{0.91}\text{N}$ 層 24、および p - GaN 層 25 で構成することができる。半導体デバイスとして電子デバイスの 1 例である HEMT (高電子移動度トランジスタ) を作製する場合は、III 族窒化物層は、たとえば、GaN 層、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層で構成することができる。半導体デバイスとして電子デバイスの別の例である SBD (ショットキーバリアダイオード) を作製する場合は、III 族窒化物層は、たとえば、 n^+ - GaN 層 (キャリア濃度がたとえば $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、 n^- - GaN 層 (キャリア濃度がたとえば $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) で構成することができる。

30

【0061】

[実施形態 3：III 族窒化物半導体デバイス]

以下、図 3 および 4 を参照して、さらに別の実施形態である III 族窒化物半導体デバイス 4 を説明する。

【0062】

III 族窒化物半導体デバイス 4 は、実施形態 1 の III 族窒化物複合基板中の III 族窒化物膜 13 と、III 族窒化物膜 13 上に配置されている少なくとも 1 層の III 族窒化物層 20 と、を含む。

40

【0063】

このように、本実施形態の III 族窒化物半導体デバイス 4 は、III 族窒化物複合基板 1 とその上に成長することにより配置されている結晶品質の極めて高い III 族窒化物層 20 とを含むため、高い半導体特性を有する。

【0064】

III 族窒化物半導体デバイス 4 の III 族窒化物層 20 は、III 族窒化物半導体デバイス 4 の種類に応じて異なる。図 3 に示すように、III 族窒化物半導体デバイス 4 が発光デバイスの場合は、III 族窒化物層 20 は、たとえば、n - GaN 層 21、n - I

50

$n_{0.05}Ga_{0.95}N$ 層 22、多重量子井戸構造を有する活性層 23、 $p-Al_{0.09}Ga_{0.91}N$ 層 24、および $p-GaN$ 層 25 で構成することができる。図 4 に示すように、III 族窒化物半導体デバイス 4 が電子デバイスの一例である HEMT の場合は、III 族窒化物層 20 は、たとえば、 GaN 層 26、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層 27 で構成することができ、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層 27 上に、ソース電極 60、ドレイン電極 70、ゲート電極 80 などを形成することができる。半導体デバイスとして電子デバイスの別の例である SBD を作製する場合は、III 族窒化物層は、たとえば、 n^+-GaN 層（キャリア濃度がたとえば $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、 $n^- - GaN$ 層（キャリア濃度がたとえば $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ）で構成することができる。

【0065】

また、図 3 および 4 に示すように、III 族窒化物半導体デバイス 4 は、III 族窒化物層 20 を支持するための支持基板 11 およびデバイス支持基板 40 の少なくともひとつをさらに含むことが好ましい。ここで、デバイス支持基板 40 の形状は、平板形状に限らず、III 族窒化物膜 13 および III 族窒化物層 20 を支持して III 族窒化物半導体デバイス 4 を形成することができるものである限り、任意の形状をとることができる。

【0066】

[実施形態 4：III 族窒化物半導体デバイスの製造方法]

以下、図 5 ~ 9 を参照して、実施形態 4 である III 族窒化物半導体デバイスの製造方法について説明する。

【0067】

本実施形態の III 族窒化物半導体デバイスの製造方法は、III 族窒化物複合基板 1 を準備する工程と、III 族窒化物複合基板 1 の III 族窒化物膜 13 側の主面 13 m 上に、少なくとも 1 層の III 族窒化物層 20 を成長させる工程と、を含む。

【0068】

(III 族窒化物複合基板を準備する工程)

まず、図 5 ~ 8 を参照して、III 族窒化物複合基板 1 を準備する工程について説明する。

【0069】

III 族窒化物複合基板 1 を準備する工程では、実施形態 1 にかかる III 族窒化物複合基板 1 を製造する。III 族窒化物複合基板 1 の製造方法は、支持基板 11 の主面 11 m 側に III 族窒化物膜 13 を配置する方法であれば特に制限はなく、次の第 1 ~ 第 3 の方法が挙げられる。

【0070】

第 1 の方法は、図 5 に示すように、支持基板 11 の主面 11 m に、下地基板 130 の主面 30 n 上に成膜させた III 族窒化物膜 13 を貼り合わせた後、下地基板 130 を除去する方法である。第 2 の方法は、図 6 および図 7 に示すように、支持基板 11 の主面 11 m に III 族窒化物膜ドナー基板 13D を貼り合わせた後、その III 族窒化物膜ドナー基板 13D を貼り合わせ面から所定の深さの面で分離することにより支持基板 11 の主面 11 m 上に III 族窒化物膜 13 を形成する方法である。第 3 の方法は、図 8 に示すように、支持基板 11 の主面 11 m に III 族窒化物膜ドナー基板 13D を貼り合わせた後、その III 族窒化物膜ドナー基板 13D を貼り合わせ面の反対側の主面から研削、研磨およびエッチングの少なくともいずれかにより厚さを減少させて調整することにより支持基板 11 の主面 11 m 上に III 族窒化物膜 13 を形成する方法である。

【0071】

上記の第 1 の方法において、支持基板 11 に III 族窒化物膜 13 を貼り合わせる方法には、支持基板 11 の主面 11 m に接合膜 12 を介在させて III 族窒化物膜 13 を貼り合わせる方法（図 5 を参照）などが挙げられる。また、上記の第 2 および第 3 の方法において、支持基板 11 に III 族窒化物膜ドナー基板 13D を貼り合わせる方法には、支持基板 11 の主面 11 m に接合膜 12 を介在させて III 族窒化物膜ドナー基板 13D を貼り合わせる方法（図 6 ~ 図 8 を参照）などが挙げられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

なお、図 5 には、支持基板 1 1 に接合膜 1 2 a を形成するとともに、I I I 族窒化物膜 1 3 に接合膜 1 2 b を形成し、それらを貼り合わせる方法が図示されているが、たとえば、支持基板 1 1 のみに接合膜 1 2 を形成しておき、I I I 族窒化物膜 1 3 と貼り合わせても何ら差し支えない。

【 0 0 7 3 】

(第 1 の方法)

図 5 に示すように、第 1 の方法により複合基板を製造する方法は、特に制限はないが、効率的に複合基板を製造する観点から、支持基板 1 1 を準備する工程 (図 5 (A)) と、下地基板 1 3 0 の主面 3 0 n 上に I I I 族窒化物膜 1 3 を形成する工程 (図 5 (B)) と、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 とを貼り合わせて接合基板 1 L を形成する工程 (図 5 (C)) と、接合基板 1 L から下地基板 1 3 0 を除去する工程 (図 5 (D)) と、を含むことが好ましい。

10

【 0 0 7 4 】

図 5 (A) に示す、支持基板 1 1 を準備する工程は、特に制限はなく、たとえば、金属元素 M を含む酸化物である MO_x (x は任意の正の実数)、Al を含む酸化物である Al_2O_3 、および Si を含む酸化物である SiO_2 を所定のモル比で混合し焼結して得られる焼結体を所定の大きさに切り出して得られる基板の主面を研磨することにより行なうことができる。

【 0 0 7 5 】

図 5 (B) に示す、下地基板 1 3 0 の主面 3 0 n 上に I I I 族窒化物膜 1 3 を形成する工程は、MOCVD (有機金属化学気相堆積) 法、スパッタ法、MBE (分子線エピタキシ) 法、PLD (パルス・レーザ堆積) 法、HVPE (ハイドライド気相エピタキシ) 法、昇華法、フラックス法、高窒素圧溶液法などにより好適に行なうことができる。

20

【 0 0 7 6 】

図 5 (C) に示すように、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 とを貼り合わせて接合基板 1 L を形成する工程は、支持基板 1 1 の主面 1 1 m 上に接合膜 1 2 a を形成するサブ工程 (図 5 (C1)) と、下地基板 1 3 0 の主面 3 0 n 上に形成された I I I 族窒化物膜 1 3 の主面 1 3 n 上に接合膜 1 2 b を形成するサブ工程 (図 5 (C2)) と、支持基板 1 1 の主面 1 1 m 上に形成された接合膜 1 2 a と下地基板 1 3 0 の主面 3 0 n 上に形成された I I I 族窒化物膜 1 3 の主面 1 3 n 上に形成された接合膜 1 2 b とを貼り合わせるサブ工程 (図 5 (C3)) と、を含む。これらのサブ工程により、互いに貼り合わされた接合膜 1 2 a と接合膜 1 2 b とが接合により一体化して接合膜 1 2 が形成され、支持基板 1 1 と、下地基板 1 3 0 上に形成された I I I 族窒化物膜 1 3 とが、接合膜 1 2 を介在させて接合されることにより、接合基板 1 L が形成される。

30

【 0 0 7 7 】

ここで、接合膜 1 2 a , 1 2 b の形成方法は、特に制限はないが、膜形成コストを抑制する観点から、スパッタ法、蒸着法、CVD (化学気相堆積) 法などが好適に行なわれる。また、接合膜 1 2 a と接合膜 1 2 b とを貼り合わせる方法には、特に制限はなく、貼り合わせ面を洗浄しそのまま貼り合わせた後 6 0 0 ~ 1 2 0 0 程度に昇温して接合する直接接合法、貼り合わせ面を洗浄しプラズマやイオンなどで活性化処理した後に室温 (たとえば 2 5) ~ 4 0 0 程度の低温雰囲気下で接合する表面活性化接合法、貼り合わせ面を薬液と純水で洗浄処理した後、0 . 1 MP a ~ 1 0 MP a 程度の圧力を掛けて接合する高圧接合法、貼り合わせ面を薬液と純水で洗浄処理した後、 10^{-6} Pa ~ 10^{-3} Pa 程度の高真空雰囲気下で接合する超高真空接合法、などが好適である。上記のいずれの接合法においてもそれらの接合後に 6 0 0 ~ 1 2 0 0 程度に昇温することによりさらに接合強度を高めることができる。特に、表面活性化接合法、高圧接合法、および超高真空接合法においては、それらの接合後に 6 0 0 ~ 1 2 0 0 程度に昇温することによる接合強度を高める効果が大きい。

40

【 0 0 7 8 】

50

図5(D)に示す、接合基板1Lから下地基板130を除去する工程は、特に制限はないが、下地基板130を効率的に除去する観点から、下地基板130をフッ化水素酸などのエッチャントにより溶解させて除去する方法、下地基板130の露出している主面側から研削または研磨により除去する方法などが好適に行なわれる。ここで、下地基板130をフッ化水素酸などのエッチャントにより溶解させて除去する場合には、支持基板11を保護するための保護部材140を支持基板11の回りに形成することが好ましい。

【0079】

このようにして、支持基板11と、支持基板11の主面11m上に配置された接合膜12と、接合膜12の主面上に配置されたIII族窒化物膜13と、を含むIII族窒化物複合基板1が得られる。

10

【0080】

(第2の方法)

図6および図7に示す、第2の方法により複合基板を製造する方法は、特に制限はないが、効率的に複合基板を製造する観点から、支持基板11とIII族窒化物膜ドナー基板13Dとを貼り合わせて接合基板1Lを形成する工程と(図6(A)および図7(A))と、接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面で分離する工程(図6(B)および図7(B))と、を含むことが好ましい。接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面で分離する方法には、特に制限はないが、効率的な分離を行なう観点から、図6に示すようなイオン注入法、図7に示す切断法などが好ましい。

20

【0081】

(イオン注入法)

図6に示すイオン注入法について以下に説明する。図6(A)に示すように、支持基板11とIII族窒化物膜ドナー基板13Dとを貼り合わせて接合基板1Lを形成する工程は、支持基板11の主面11m上に接合膜12aを形成するサブ工程(図6(A1))と、III族窒化物膜ドナー基板13Dの主面13n側からイオンIを注入することにより主面13nから内部に所定の深さの位置の面にイオン注入領域13iを形成するとともに主面13n上に接合膜12bを形成するサブ工程(図6(A2))と、支持基板11の主面11m上に形成された接合膜12aとIII族窒化物膜ドナー基板13Dの主面13n上に形成された接合膜12bとを貼り合わせるサブ工程(図6(A3))と、を含む。これらのサブ工程により、互いに貼り合わされた接合膜12aと接合膜12bとが接合により一体化して接合膜12が形成され、支持基板11と、III族窒化物膜ドナー基板13Dとが、接合膜12を介在させて接合されて、接合基板1Lが形成される。接合基板1LのIII族窒化物複合基板1のIII族窒化物膜ドナー基板13Dの内部に注入されたイオンIは、後工程においてガス化して急激な体積膨張を起こすことにより、III族窒化物膜ドナー基板13Dをイオン注入領域13iで分離させる。

30

【0082】

III族窒化物膜ドナー基板13Dとは、後工程において分離によりIII族窒化物膜13を提供するドナー基板である。かかるIII族窒化物膜ドナー基板13Dを形成する方法は、上記の第1の方法により複合基板を製造する方法におけるIII族窒化物膜13を形成する方法と同様である。また、接合膜12a、12bの形成方法は、第1の方法により複合基板を製造する方法における接合膜12a、12bの形成方法と同様である。また、支持基板11とIII族窒化物膜ドナー基板13Dとを貼り合わせる方法は、上記の第1の方法により複合基板を製造する方法における支持基板11とIII族窒化物膜13とを貼り合わせる方法と同様である。

40

【0083】

III族窒化物膜ドナー基板13Dに注入されるイオンIは、特に制限はないが、主膜の品質の低下を抑制する観点およびイオン注入領域13iに注入されたイオンIのガス化温度をIII族窒化物膜13の分解温度より低くする観点から、質量の小さい原子のイオ

50

ン、たとえば、水素イオン、ヘリウムイオンなどが好ましい。

【0084】

図6(B)に示す、接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面で分離する工程は、III族窒化物膜ドナー基板13Dに注入されたイオンIをガス化させる方法であれば特に制限はない。たとえば、熱を加えたり、超音波を加えたりする方法などで、接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面から所定の深さの位置に形成されているイオン注入領域13iに注入されているイオンIをガス化させて急激な体積膨張をさせることにより行なう。

【0085】

このようにして、接合基板1LがIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面で分離して、支持基板11と、支持基板11の主面11m上に配置された接合膜12と、接合膜12の主面上に配置されたIII族窒化物膜13と、を含むIII族窒化物複合基板1が得られる。

【0086】

(切断法)

図7に示す切断法について以下に説明する。図7(A)に示すように、支持基板11とIII族窒化物膜ドナー基板13Dとを貼り合わせて接合基板1Lを形成する工程は、支持基板11の主面11m上に接合膜12aを形成するサブ工程(図7(A1))と、III族窒化物膜ドナー基板13Dの主面13n上に接合膜12bを形成するサブ工程(図7(A2))と、支持基板11の主面11m上に形成された接合膜12aとIII族窒化物膜ドナー基板13Dの主面13n上に形成された接合膜12bとを貼り合わせるサブ工程(図7(A3))と、を含む。これらのサブ工程により、互いに貼り合わされた接合膜12aと接合膜12bとが接合により一体化して接合膜12が形成され、支持基板11と、III族窒化物膜ドナー基板13Dとが、接合膜12を介在させて接合されて、接合基板1Lが形成される。

【0087】

図7(B)に示す、接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面で分離する工程は、接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面でIII族窒化物膜ドナー基板13Dを切断することにより行なう。III族窒化物膜ドナー基板を切断する方法は、特に制限なく、ワイヤソー、内周刃、外周刃などが好適に用いられる。

【0088】

このようにして、接合基板1LがIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nから内部に所定の深さに位置する面で分離して、支持基板11と、支持基板11の主面11m上に配置された接合膜12と、接合膜12の主面上に配置されたIII族窒化物膜13と、を含むIII族窒化物複合基板1が得られる。

【0089】

(第3の方法)

図8に示すように、第3の方法により複合基板を製造する方法は、特に制限はないが、効率的に複合基板を製造する観点から、支持基板11とIII族窒化物膜ドナー基板13Dとを貼り合わせて接合基板1Lを形成する工程と(図8(A))と、接合基板1LのIII族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面である主面13nと反対側の主面13mから研削、研磨およびエッチングの少なくともいずれかを行なう工程(図8(B))と、を含むことが好ましい。

【0090】

図8(A)に示すように、支持基板11とIII族窒化物膜ドナー基板13Dとを貼り合わせて接合基板1Lを形成する工程は、支持基板11の主面11m上に接合膜12aを形成するサブ工程(図8(A1))と、III族窒化物膜ドナー基板13Dの主面13n

10

20

30

40

50

上に接合膜 1 2 b を形成するサブ工程 (図 8 (A 2)) と、支持基板 1 1 の主面 1 1 m 上に形成された接合膜 1 2 a と I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D の主面 1 3 n 上に形成された接合膜 1 2 b とを貼り合わせるサブ工程 (図 8 (A 3)) と、を含む。これらのサブ工程により、互いに貼り合わされた接合膜 1 2 a と接合膜 1 2 b とが接合により一体化して接合膜 1 2 が形成され、支持基板 1 1 と、 I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D とが、接合膜 1 2 を介在させて接合されて、接合基板 1 L が形成される。

【 0 0 9 1 】

I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D とは、上記第 2 の方法と同様に、後工程において分離により I I I 族窒化物膜 1 3 を提供するドナー基板である。かかる I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D を形成する方法は、上記の第 1 および 2 の方法により複合基板を製造する
10
方法における I I I 族窒化物膜 1 3 を形成する方法と同様である。また、接合膜 1 2 a , 1 2 b の形成方法は、第 1 および 2 の方法により複合基板を製造する方法における接合膜 1 2 a , 1 2 b の形成方法と同様である。また、支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D とを貼り合わせる方法は、上記の第 1 および 2 の方法により複合基板を製造する方法における支持基板 1 1 と I I I 族窒化物膜 1 3 とを貼り合わせる方法と同様である。

【 0 0 9 2 】

図 8 (B) に示すように、接合基板 1 L の I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D の貼り合わせ面である主面 1 3 n と反対側の主面 1 3 m から研削、研磨およびエッチングの少なくとも
20
いづれかを行なう工程により、 I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D の厚さを減少させて所望の厚さの I I I 族窒化物膜 1 3 が形成されるため、支持基板 1 1 と、支持基板 1 1 の主面 1 1 m 上に配置された接合膜 1 2 と、接合膜 1 2 の主面上に配置された I I I 族窒化物膜 1 3 と、を含む I I I 族窒化物複合基板 1 が得られる。

【 0 0 9 3 】

ここで、 I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D を研削する方法は、特に制限はなく、砥石による研削 (平面研削) 、ショット・ブラストなどが挙げられる。 I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D を研磨する方法は、特に制限はなく、機械的研磨、化学機械的研磨などが挙げられる。 I I I 族窒化物膜ドナー基板 1 3 D をエッチングする方法は、特に制限はなく、
30
薬液によるウェットエッチング、 R I E (反応性イオンエッチング) などのドライエッチングなどが挙げられる。

【 0 0 9 4 】

以上のようにして、 I I I 族窒化物複合基板 1 を製造することができる。以上のようにして製造された I I I 族窒化物複合基板 1 は、その上に良質なエピタキシャル層を成長させることができるとともに、半導体デバイスの製造歩留まりを向上させるという優れた効果を有する。

【 0 0 9 5 】

(I I I 族窒化物半導体デバイスの製造工程)

次に、 I I I 族窒化物半導体デバイスの製造工程について説明する。

【 0 0 9 6 】

本実施形態である I I I 族窒化物半導体デバイスの製造方法は、上記の I I I 族窒化物複合基板 1 を準備する工程を含み、図 9 に示すように、 I I I 族窒化物複合基板 1 の I I I 族窒化物膜 1 3 側の主面 1 3 m 上に、少なくとも 1 層の I I I 族窒化物層 2 0 を成長させる工程 (図 9 (A)) を含む。本実施形態の I I I 族窒化物半導体デバイスの製造方法は、 I I I 族窒化物層の成長の際に、 I I I 族窒化物複合基板 1 の主面 1 3 m 上に I I I 族窒化物層を成長させるため、高い歩留で高特性の I I I 族窒化物半導体デバイスを製造
40
できる。

【 0 0 9 7 】

本実施形態の I I I 族窒化物半導体デバイスの製造方法において、 I I I 族窒化物層 2 0 上にさらにデバイス支持基板 4 0 を貼り合わせる工程 (図 9 (B)) と、 I I I 族窒化物複合基板 1 から支持基板 1 1 を除去する工程 (図 9 (C)) と、をさらに含むことが
50

きる。これらの工程を加えることにより、高い歩留でデバイス支持基板40により支持された機械的強度が強く高特性のIII族窒化物半導体デバイスを製造できる。

【0098】

本実施形態のIII族窒化物半導体デバイスの製造方法は、具体的には、以下の工程により、行なうことができる。

【0099】

(III族窒化物層の成長工程)

図9(A)に示す、III族窒化物複合基板1のIII族窒化物膜13側の主面13m上に、少なくとも1層のIII族窒化物層20を成長させる工程において、III族窒化物層20を成長させる方法は、結晶品質の高いIII族窒化物層20をエピタキシャル成長させる観点から、MOVPE法、MBE法、HVPE法、昇華法などの気相法、フラックス法などの液相法などが好適であり、特にMOVPE法が好適である。

10

【0100】

III族窒化物層20の構成は、III族窒化物半導体デバイス4の種類に応じて異なる。III族窒化物半導体デバイス4が発光デバイスの場合は、III族窒化物層20は、たとえば、III族窒化物膜13上に、n-GaN層21、n-In_{0.05}Ga_{0.95}N層22、多重量子井戸構造を有する活性層23、p-Al_{0.09}Ga_{0.91}N層24、およびp-GaN層25を順に成長させることにより構成することができる。

【0101】

上記のようにして、III族窒化物複合基板1のIII族窒化物膜13上に、少なくとも1層のIII族窒化物層20を成長させることにより、積層III族窒化物複合基板2が得られる。

20

【0102】

(デバイス支持基板の貼り合わせ工程)

図9(B)に示す、III族窒化物層20上にさらにデバイス支持基板40を貼り合わせる工程は、積層III族窒化物複合基板2のIII族窒化物層20上に、第1電極30およびパッド電極33を形成するとともに、デバイス支持基板40上にパッド電極43および接合金属膜44を形成し、パッド電極33に接合金属膜44を貼り合わせることにより行なう。かかる工程により、積層基板3が得られる。デバイス支持基板40には、Si基板、CuW基板などが用いられる。

30

【0103】

(支持基板の除去工程)

図9(C)に示す、III族窒化物複合基板1から支持基板11を除去する工程は、積層基板3から、III族窒化物複合基板1の支持基板11を除去することにより行なう。これにより、支持基板11とIII族窒化物膜13との間に介在している接合膜12も同時に除去することができる。

【0104】

支持基板11および接合膜12の除去方法は、特に制限はなく、研削、エッチングなどが好適に用いられる。たとえば、硬度、強度、および耐摩耗性が低く削られ易い材料で形成される支持基板11は、製造コストを低減する観点から、研削および研磨の少なくともいずれかにより除去することができる。また、酸、アルカリなどの薬液に溶解する材料で形成される支持基板11は、製造コストが低い観点から薬液でエッチングして除去することができる。なお、支持基板11の除去が容易な観点から、支持基板11は、サファイア、SiC、III族窒化物(たとえばGaN)などの単結晶材料で形成されている支持基板に比べて、セラミックスなどの多結晶材料で形成されている支持基板の方が好ましい。

40

【0105】

(電極の形成工程)

図9(D)に示す、積層基板3から支持基板11および接合膜12が除去されることにより露出したIII族窒化物膜13上に第2電極50を形成し、デバイス支持基板40上にデバイス支持基板電極45を形成する。

50

【0106】

以上のようにして、高い歩留で極めて良好な特性を有するIII族窒化物半導体デバイスを製造することができる。

【実施例】

【0107】

以下、実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0108】

〔(1) III族窒化物複合基板の作製〕

(実施例A)

以下、図6を参照して、実施例に係るIII族窒化物複合基板を説明する。

【0109】

まず、図6(A1)に示すように、支持基板11として直径75mmで厚さ500 μ mのAl₂O₃-SiO₂複合酸化物基板(基板全体に対してAl₂O₃が85質量%であり、SiO₂が15質量%である複合酸化物基板)を準備した。この支持基板11は、熱伝導率が10W \cdot m⁻¹ \cdot K⁻¹であり、ヤング率が250GPaであった。

【0110】

次いで、支持基板11の両側の主面11mを、研磨剤としてダイヤモンドスラリーを用いて、銅系定盤により粗研磨、スズ系定盤により中間研磨、不織布研磨パッドにより仕上げ研磨を行なった。仕上げ研磨においては、作用係数FEが4 \times 10⁻¹⁷m²/s以上1 \times 10⁻¹⁶m²/s以下の条件で研磨した。

【0111】

次に、支持基板11の仕上げ研磨後の主面11m上に、厚さ800nmのSiO₂膜をPE-CVD(プラズマ援用-化学気相堆積)法により成長させ、窒素雰囲気中で800で1時間のアニールを行なった。

【0112】

次に、平均粒径40nmのコロイダルシリカ砥粒を含みpHが10のスラリーを用いたCMPにより、主面12aが二乗平均平方根粗さ(以下「RMS(Root-Mean-Square roughness)」とも記す)で0.3nm以下に鏡面化された厚さ400nmの接合膜12aを形成した。次いで、CMPの際に用いたコロイダルシリカ砥粒を除去するために、KOH水溶液による無砥粒ポリッシング洗浄、純水によるポリッシング洗浄、および純水によるメガソニック洗浄(500kHz~5MHzのメガソニック帯域の周波数の超音波を用いた洗浄)を行なった。

【0113】

図6(A2)に示すように、イオン注入装置により、ドーズ量1 \times 10¹⁷cm⁻²および加速電圧50keVの条件で、GaNバルク結晶であるIII族窒化物膜ドナー基板13Dの一方の主面13nから、貼り合わせ面である主面12bnからの深さtが110nmであるイオン注入領域13iに、イオンIとして水素イオンを注入した。なお、ここで「イオン注入領域13i」は、水素イオンが注入された面を示す。

【0114】

次に、上記のGaNバルク結晶を用いて、直径75mmで厚さ8mmのIII族窒化物膜ドナー基板13Dを準備した。III族窒化物膜ドナー基板13Dは、GaN結晶体である。

【0115】

次いで、III族窒化物膜ドナー基板13Dの貼り合わせ面を機械研磨およびCMPによりRMSを2nm以下に平坦化した。その後、貼り合わせ面上に厚さ800nmのSiO₂膜をPE-CVD法により成長させ、窒素雰囲気中、800で1時間のアニールを行なった。続いて、平均粒径が40nmのコロイダルシリカ砥粒を含みpHが10のスラリーを用いたCMPにより、主面12bnがRMSで0.3nm以下に鏡面化された厚さ500nmの接合膜12bを形成した。次いで、CMPの際に用いたコロイダルシリカ砥

10

20

30

40

50

粒を除去するために、KOH水溶液による無砥粒ポリシング洗浄、純水によるポリシング洗浄、および純水によるメガソニック洗浄を行なった。

【0116】

なお、ここで、III族窒化物膜ドナー基板13Dは、下地基板としてGaAs基板を用いて、HVPE法により成長させたものであった。III族窒化物膜ドナー基板13Dは、n型の導電型であり、転移密度が $1 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ であり、キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0117】

次に、図6(A1)~(A3)に示すように、接合膜12aの主面12amと接合膜12bの主面12bnとを貼り合わせることにより、支持基板11とIII族窒化物膜13とを接合膜12を介在させて貼り合わせた接合基板1Lを得た。貼り合わせた後に、接合基板1Lを窒素雰囲気中で800℃まで昇温することによりアニールして接合強度を高めた。

10

【0118】

次に、図6(B)に示すように、III族窒化物膜ドナー基板13Dを400℃で熱処理して、イオン注入領域13iを脆化させて、この面において、III族窒化物膜13を分割して、III族窒化物膜ドナー基板13DrとIII族窒化物複合基板1とを得た。

【0119】

以上のようにして、支持基板と、厚さが110nmのGaN薄膜とが、SiO₂膜を介して、貼り合わされた直径75mmのIII族窒化物複合基板1が得られた。

20

【0120】

さらに、上記の工程を繰り返すことにより、同III族窒化物複合基板1を24枚得た。

【0121】

〔(2) III族窒化物半導体デバイスの作製〕

以下、図10を参照して、実施例に係るIII族窒化物半導体デバイスであるSBD(ショットキーバリアダイオード)を説明する。

【0122】

まず、図10(A)に示すように、III族窒化物複合基板1のIII族窒化物膜13側の主面13m上に、MOVPE法により、III族窒化物層20として、厚さ2μmのn⁺-GaN層28(キャリア濃度が $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、厚さ7μmのn⁻-GaN層29(キャリア濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)を、この順序でエピタキシャル成長させることにより、積層III族窒化物複合基板2を得た。

30

【0123】

次に、図10(B)に示すように、積層III族窒化物複合基板2のIII族窒化物層20の最上層であるn⁻-GaN層29上に、電子線蒸着法(以下、EB(Electron Beam)蒸着法とも記す)により、厚さ4nmのNi層と厚さ200nmのAu層とを順次形成し、アニールにより合金化することによってショットキー電極である第1電極30を形成した。なお、このとき、第1電極30の径は200μmとした。さらに、第1電極30上に、EB蒸着法により、厚さ200nmのTi層と、厚さ100nmのPt層と、厚さ1000nmのAu層とを順次形成することによりパッド電極33を形成した。

40

【0124】

また、デバイス支持基板40としてMo基板を準備し、デバイス支持基板40上にEB蒸着法により、厚さ200nmのTi層と、厚さ100nmのPt層と、厚さ1000nmのAu層とを順次形成することによりパッド電極43を形成した。そして、パッド電極43上に、接合金属膜44として、AuSnはんだ膜を形成した。

【0125】

次に、パッド電極33に接合金属膜44を貼り合わせることにより、積層基板3を得た。

【0126】

50

次に、図10(C)に示すように、積層基板3から、III族窒化物複合基板1の支持基板11および接合膜12を、フッ化水素酸を用いたエッチングにより除去した。

【0127】

次に、図10(D)に示すように、積層基板3から支持基板11および接合膜12が除去されることによって露出したIII族窒化物膜13上に、EB蒸着法により、厚さ20nmのTi層と、厚さ200nmのAl層と、厚さ300nmのAu層とを順次形成し、アニールすることにより、オーミック電極である第2電極50を形成した。また、デバイス支持基板40上に、EB蒸着により、厚さ20nmのTi層と、厚さ300nmのAu層とを順次形成し、アニールすることにより、デバイス支持基板電極45を形成した。こうして、SBDであるIII族窒化物半導体デバイス4が得られた。

10

【0128】

以上のようにして得られたIII族窒化物半導体デバイス4の歩留率は、以下のようにして算出した。すなわち、SBDについて逆方向の電流-電圧特性を測定し、耐電圧が250V以上の基準に適合したものを良品とし、適合しなかったものを不良品として、良品数を、良品数と不良品数との合計で除した値の百分率を歩留率とした。

【0129】

以上に説明した方法により、表1に示す厚さ分布を有する接合膜を含むIII族窒化物複合基板、および、それらを用いたIII族窒化物半導体デバイスを作製した。

【0130】

これらのIII族窒化物複合基板は、支持基板と、厚さが110nm(すなわち、50nm以上10μm未満)のIII族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が75mm(すなわち、75mm以上)の複合基板である。

20

【0131】

接合膜の厚さ分布と、前述の方法により算出したIII族窒化物半導体デバイスの歩留率との関係を表1に示す。

【0132】

【表1】

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
接合膜の厚さ分布(%)	1	2	5	13	25	40	47
デバイスの歩留率(%)	40	69	77	84	76	71	33

30

【0133】

表1より明らかなように、接合膜の厚さ分布が2%以上40%以下であるIII族窒化物複合基板を用いた半導体デバイス(A2~A6)は、かかる条件を満たさないIII族窒化物複合基板を用いた半導体デバイス(A1およびA7)に比べて、歩留率が良好であった。

【0134】

(実施例B)

実施例Aと同様にして、表2に示すせん断接合強度および接合面積率で、支持基板とIII族窒化物膜とが接合されたIII族窒化物複合基板、および、それらを用いたIII族窒化物半導体デバイスを作製した。

40

【0135】

これらのIII族窒化物複合基板は、支持基板と、厚さが110nm(すなわち、50nm以上10μm未満)のIII族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が75mm(すなわち、75mm以上)の複合基板である。

【0136】

せん断接合強度および接合面積率と、前述の方法により算出したIII族窒化物半導体デバイスの歩留率との関係を表2に示す。

【0137】

50

【表 2】

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
せん断接合強度 (MPa)	2	4	4	10	30	33	40	40	60
接合面積率 (%)	80	60	98	70	90	51	60	98	99
デバイスの歩留率 (%)	25	66	67	75	84	39	64	74	45

【0138】

表 2 より明らかなように、支持基板と I I I 族窒化物膜とのせん断接合強度が 4 M P a 以上 4 0 M P a 以下であり、支持基板と I I I 族窒化物膜との接合面積率が 6 0 % 以上 9 8 % 以下である I I I 族窒化物複合基板を用いた半導体デバイス (B 2 ~ B 5 、 B 7 および B 8) は、かかる条件を満たさない I I I 族窒化物複合基板を用いた半導体デバイス (B 1 、 B 6 および B 9) に比べて、歩留率が良好であった。

10

【0139】

(実施例 C)

以下の (i) ~ (v) 以外の条件は、実施例 A と同様にして、実施例 C に係る I I I 族窒化物複合基板、および、それらを用いた I I I 族窒化物半導体デバイスを作製した。

(i) 支持基板 1 1 として、 $A l_2 O_3 - S i O_2$ 複合酸化物基板 (基板全体に対して $A l_2 O_3$ が 8 2 質量 % であり、 $S i O_2$ が 1 8 質量 % である複合酸化物基板)、ムライト - Y S Z、およびムライトから選択される複合酸化物基板を用いたこと

20

(i i) 直径をそれぞれ 7 5 m m ~ 1 5 0 m m の間で変動させたこと

(i i i) 接合膜 1 2 を A P - C V D (常圧 - 化学気相堆積) 法により成長させたこと

(i v) 支持基板 1 1 側の主面 1 1 m の仕上げ研磨の際に作用係数 F E が $8 . 5 \times 1 0^{-17} m^2 / s$ 以上 $1 \times 1 0^{-16} m^2 / s$ 以下の条件で研磨したこと

(v) 仕上げ研磨後の I I I 族窒化物膜 1 3 の厚さをそれぞれ 1 0 0 n m ~ 1 μ m の間で変動させたこと

なお、実施例 C に係る I I I 族窒化物複合基板の接合膜の厚さ分布はすべて 5 % (すなわち、2 % 以上 4 0 % 以下) とした。

【0140】

実施例 C に係る I I I 族窒化物複合基板の構成と、それらを用いた I I I 族半導体デバイスの歩留率との関係を表 3 に示す。

30

【0141】

【表 3】

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
直径 (mm)	75	75	75	75	100	100	100	100	100	100	100	150	150
支持基板の種類	Al ₂ O ₃ -SiO ₂												
$\alpha_{III-N} / \alpha_s (-)$	1	1	1	1	1	1	1	1.25	0.9	0.75	1.2	1.2	1
$t_{III-N} / t_s (-)$	0.0001	0.002	0.005	0.02	0.002	0.005	0.02	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005
接合膜の厚さ分布 (%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
デバイス歩留率 (%)	60	70	72	64	76	76	65	68	75	67	62	63	75

表 3 中、 α_{III-N}/α_S は支持基板の熱膨張係数 α_S に対する III 族窒化物膜の熱膨張係数 α_{III-N} の比を示し、 t_{III-N}/t_S は支持基板の厚さ t_S に対する III 族窒化物膜の厚さ t_{III-N} の比を示している。

【 0 1 4 3 】

表 3 より明らかなように、支持基板と、厚さが $100\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$ (すなわち、 50 nm 以上 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 未満) の III 族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が 75 mm 以上の III 族窒化物複合基板であり、接合膜の厚さ分布が 5% (すなわち、 2% 以上 40% 以下) である III 族窒化物複合基板のうち、 t_{III-N}/t_S が 0.0002 以上 0.02 以下である複合基板を用いた III 族窒化物半導体デバイスは特に高い歩留率で製造することができた。

10

【 0 1 4 4 】

上記に加えて、 α_{III-N}/α_S が 0.75 以上 1.25 以下である複合基板には、割れが全く発生しておらず、歩留まりも良好であった。

【 0 1 4 5 】

(実施例 D)

表 4 に示す熱伝導率 κ_S を有する支持基板を使用した以外は、実施例 A と同様にして、III 族窒化物複合基板、および、それらを用いた III 族窒化物半導体デバイスを作製した。

【 0 1 4 6 】

支持基板の熱伝導率 κ_S と III 族窒化物半導体デバイスの歩留率との関係を表 4 に示す。

20

【 0 1 4 7 】

【表 4】

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
支持基板の熱伝導率 λ_s ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	2	3	5	10	30	120	210	280	300
接合膜の厚さ分布 (%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
デバイスの歩留率 (%)	55	63	65	67	67	66	64	61	55

10

20

30

【0148】

表 4 より明らかなように、支持基板と、厚さが $100\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$ (すなわち、 50 nm 以上 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 未満) の III 族窒化物膜と、が貼り合わされた直径が 75 mm 以上の III 族窒化物複合基板であり、接合膜の厚さ分布が 5% (すなわち、 2% 以上 40% 以下) である III 族窒化物複合基板のうち、熱伝導率 λ_s が $3\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以上 $280\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以下である複合基板を用いた III 族窒化物半導体デバイスは特に高い歩留率で製造することができた。

40

【0149】

以上のように本発明の実施形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施形態および実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

【0150】

今回開示された実施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説明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。

50

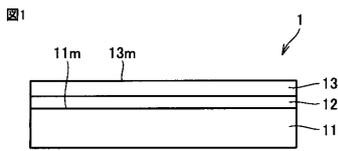
【符号の説明】

【0151】

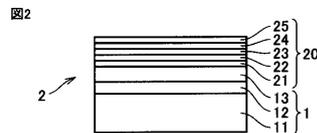
1 III族窒化物複合基板、1L 接合基板、2 積層III族窒化物複合基板、3 積層基板、4 III族窒化物半導体デバイス、11 支持基板、11m, 12am, 12bn, 13m, 13n, 30n 主面、12, 12a, 12b 接合膜、13 III族窒化物膜、13D, 13Dr III族窒化物膜ドナー基板、13i イオン注入領域、20 III族窒化物層、21 n-GaN層、22 n-In_{0.05}Ga_{0.95}N層、23 活性層、24 p-Al_{0.09}Ga_{0.91}N層、25 p-GaN層、26 GaN層、27 Al_{0.2}Ga_{0.8}N層、28 n⁺-GaN層、29 n⁻-GaN層、130 下地基板、140 保護部材、33, 43 パッド電極、40 デバイス支持基板、44 接合金属膜、45 デバイス支持基板電極、30 第1電極、50 第2電極、60 ソース電極、70 ドレイン電極、80 ゲート電極。

10

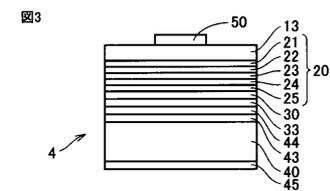
【図1】



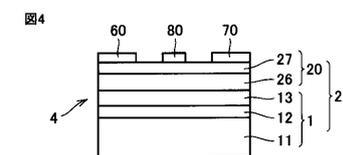
【図2】



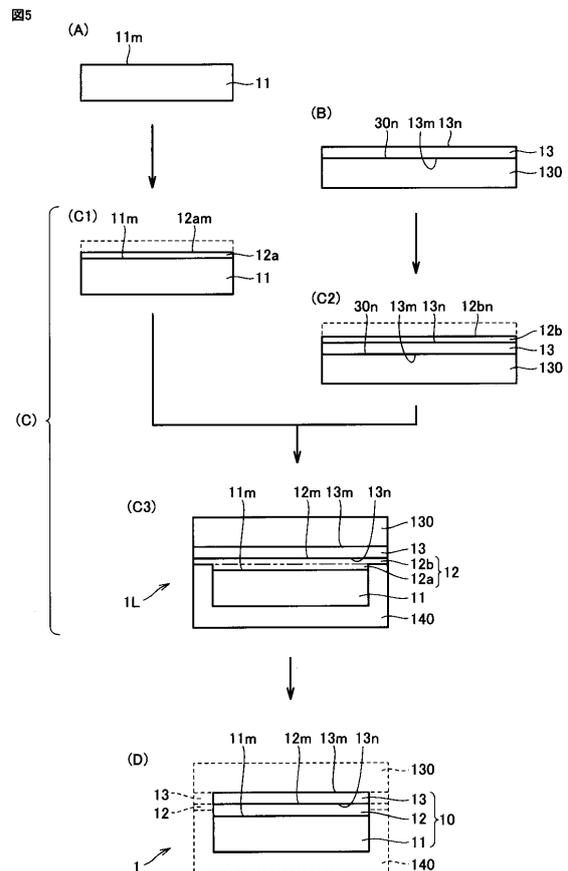
【図3】



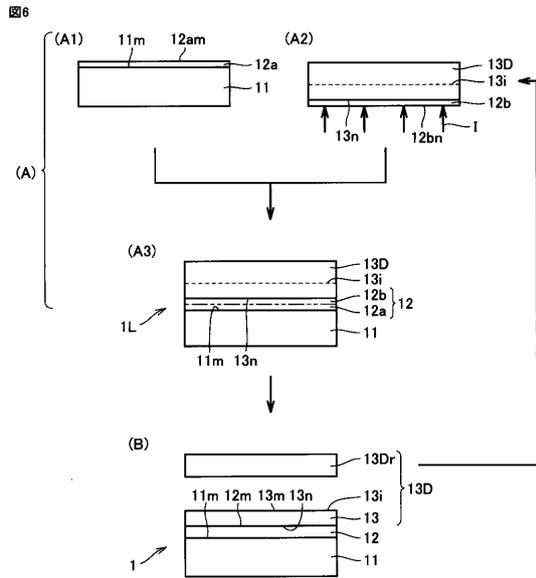
【図4】



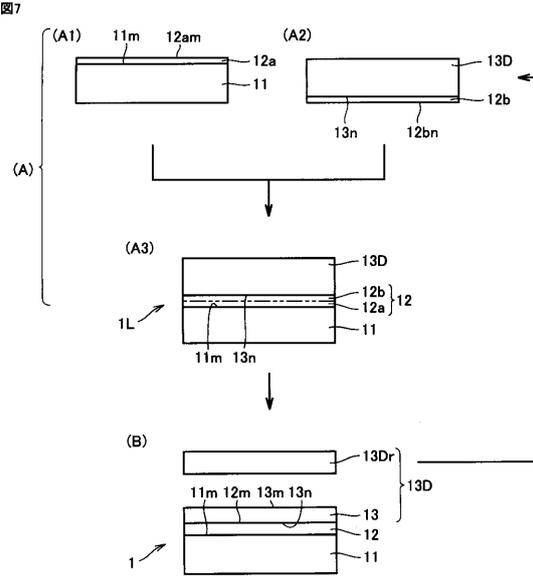
【図5】



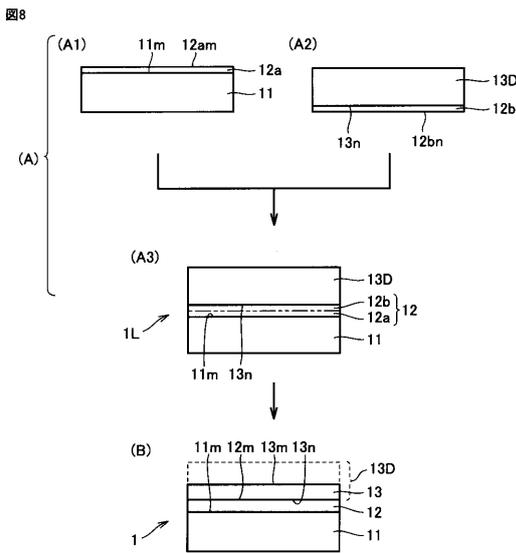
【 図 6 】



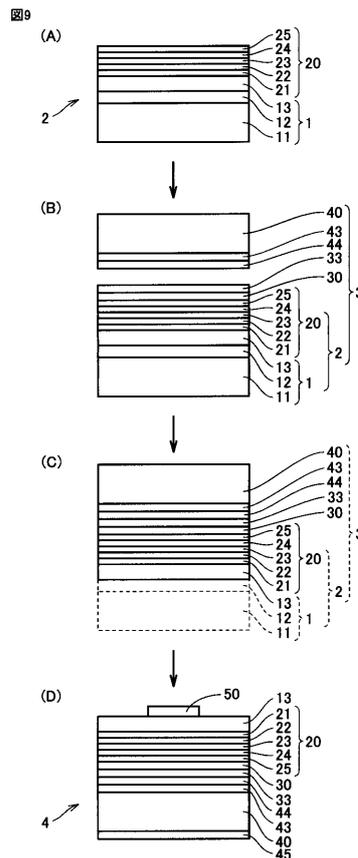
【 図 7 】



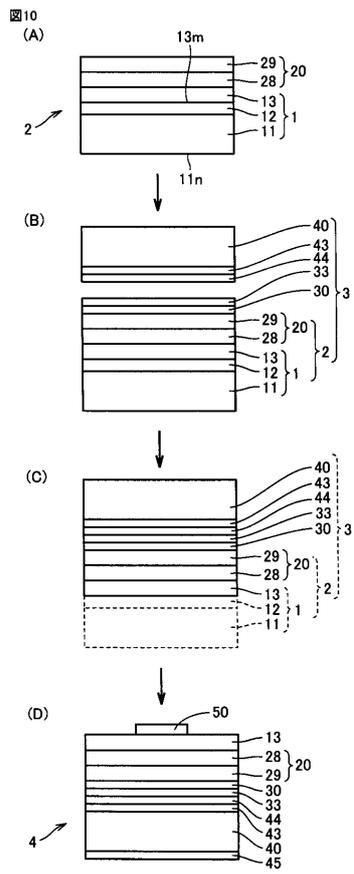
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 29/778 (2006.01)
H 0 1 L 29/872 (2006.01)
H 0 1 L 29/47 (2006.01)

(72)発明者 関 裕紀

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 山本 喜之

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

審査官 小川 将之

(56)参考文献 特開2012-230969(JP,A)

特開2010-269970(JP,A)

国際公開第2011/093481(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H 0 1 L 2 1 / 0 2
H 0 1 L 2 1 / 2 0
H 0 1 L 2 1 / 3 3 8
H 0 1 L 2 9 / 4 7
H 0 1 L 2 9 / 7 7 8
H 0 1 L 2 9 / 8 1 2
H 0 1 L 2 9 / 8 7 2
H 0 1 L 3 3 / 3 2