【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第３部門第１区分
【発行日】令和6年6月12日(2024.6.12)

【公開番号】特開2023-92416(P2023-92416A)
【公開日】令和5年7月3日(2023.7.3)
【年通号数】公開公報(特許)2023-123
【出願番号】特願2022-32212(P2022-32212)
【国際特許分類】
Ｃ３０Ｂ 29/38(2006.01)
Ｈ０１Ｌ 21/20(2006.01)
Ｈ０１Ｌ 21/02(2006.01)
Ｈ０１Ｌ 21/205(2006.01)
Ｃ３０Ｂ 25/18(2006.01)
【ＦＩ】
Ｃ３０Ｂ 29/38 D
Ｈ０１Ｌ 21/20
Ｈ０１Ｌ 21/02 B
Ｈ０１Ｌ 27/12 B
Ｈ０１Ｌ 21/205
Ｃ３０Ｂ 25/18

【手続補正書】
【提出日】令和6年6月4日(2024.6.4)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
支持基板上にＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体層が形成された窒化物半導体基板であって、
前記支持基板は、
多結晶セラミックコア、該多結晶セラミックコア全体に接合された第１の接着層、該第１の接着層全体に積層された第２の接着層、および前記第２の接着層全体に結合されたバリア層を含む複数の層が積層された複合基板と、
前記複合基板上に平坦化層を介して接合された、少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層と
を含み、
前記ＩＩＩ族窒化物半導体層は、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上に形成されており、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層のＧａＮの（０００２）成長面の結晶性が、ＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下のものであることを特徴とする窒化物半導体基板。
【請求項２】
支持基板上にＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体層が形成された窒化物半導体基板であって、
前記支持基板は、
多結晶セラミックコア、該多結晶セラミックコア全体に結合された第１の接着層、該第１の接着層全体に結合されたバリア層、該バリア層の裏面に結合された第２の接着層、および該第２の接着層の裏面に結合された導電層を含む複数の層が積層された複合基板と、

前記複合基板上に、該複合基板の表面のみに結合された平坦化層を介して接合された、少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層と
を含み、
前記ＩＩＩ族窒化物半導体層は、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上に形成されており、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層のＧａＮの（０００２）成長面の結晶性が、ＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下のものであることを特徴とする窒化物半導体基板。
【請求項３】
支持基板上にＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体層が形成された窒化物半導体基板であって、
前記支持基板は、
多結晶セラミックコア、該多結晶セラミックコア全体に結合された第１の接着層、該第１の接着層の裏面に結合された導電層、該導電層の裏面に結合された第２の接着層、並びに該第１の接着層の表面および側面と前記導電層の側面と前記第２の接着層の側面および裏面とに結合されたバリア層を含む複数の層が積層された複合基板と、
前記複合基板上に、該複合基板の表面のみに結合された平坦化層を介して接合された、少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層と
を含み、
前記ＩＩＩ族窒化物半導体層は、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上に形成されており、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層のＧａＮの（０００２）成長面の結晶性が、ＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下のものであることを特徴とする窒化物半導体基板。
【請求項４】
前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層は、ＧａＮの他、ＡｌＮおよびＡｌＧａＮの１種以上を含むものであること特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項５】
前記多結晶セラミックコアが、窒化アルミニウムを含むものであることを特徴とする請求項１から４のいずれか１項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項６】
前記第１の接着層および前記第２の接着層のそれぞれは、テトラエチルオルトシリケートおよび／または酸化ケイ素を含み、前記バリア層は窒化ケイ素を含むものであることを特徴とする請求項１から５のいずれか一項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項７】
前記第１の接着層および前記第２の接着層のそれぞれは５０～２００ｎｍの厚さを有し、前記バリア層は１００ｎｍ～１５００ｎｍの厚さを有するものであることを特徴とする請求項１から６のいずれか一項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項８】
前記平坦化層は、テトラエチルオルトシリケート、酸化ケイ素、酸化アルミニウム、窒化ケイ素、および酸窒化ケイ素からなる群より選択される少なくとも１種を含み、５００ｎｍ～３０００ｎｍの厚さを有するものであることを特徴とする、請求項１から７のいずれか一項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項９】
前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層は、１００ｎｍ以上の厚さを有するものであることを特徴とする、請求項１から８のいずれか一項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項１０】
前記複合基板が、前記第１の接着層と前記第２の接着層との間に、前記第１の接着層の全体もしくは片側に積層された導電層を更に有するものであることを特徴とする請求項１に記載の窒化物半導体基板。
【請求項１１】
前記導電層は、５０ｎｍ～５００ｎｍの厚さを有するものであることを特徴とする請求項１０に記載の窒化物半導体基板。

【請求項１２】
前記複合基板が、前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層が接合されていない裏面側表面に積層された裏面導電層を更に有するものであることを特徴とする請求項１、１０および１１のいずれか一項に記載の窒化物半導体基板。
【請求項１３】
少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＩＩＩ族窒化物半導体層をエピタキシャル成長させることを含む窒化物半導体基板の製造方法であって、
（１）接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板を製造するため、シリコン単結晶基板、または複数の層が積層された出発複合基板上に出発平坦化層を介して出発種結晶層としてシリコン単結晶薄膜が接合された出発支持基板を、成長基板として準備する工程、
（２）前記成長基板上に、少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層をエピタキシャル成長させることで、ＧａＮの（０００２）成長面の結晶性がＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下である前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層を含む接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板を製造する工程、
（３）前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層との界面近傍にレーザーを照射して、剥離層を形成する工程、
（４）前記出発複合基板とは別の複合基板として、多結晶セラミックコア、該多結晶セラミックコア全体に接合された第１の接着層、該第１の接着層全体に積層された第２の接着層、および前記第２の接着層全体に結合されたバリア層を含む複数の層が積層された複合基板を準備し、該複合基板上に平坦化層を積層する工程、
（５）工程（４）で準備した前記複合基板上に積層した前記平坦化層と前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層とを貼り合わせて、接合基板を得る工程、
（６）前記剥離層で前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜を分割して、前記成長基板の一部を前記接合基板から剥離する工程、
（７）剥離面を研磨することで、前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜の前記接合基板に残った部分を除去して、前記複合基板と、前記複合基板上に平坦化層を介して接合された前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層とを含む支持基板を得る工程、および
（８）前記支持基板の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体層をエピタキシャル成長させて、窒化物半導体基板を製造する工程
を含むことを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。
【請求項１４】
工程（４）において、前記複合基板として、前記第１の接着層と前記第２の接着層との間に、前記第１の接着層の全体もしくは片側に積層された導電層を更に有するものを準備することを特徴とする請求項１３に記載の窒化物半導体基板の製造方法。
【請求項１５】
少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＩＩＩ族窒化物半導体層をエピタキシャル成長させることを含む窒化物半導体基板の製造方法であって、
（１）接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板を製造するため、シリコン単結晶基板、または複数の層が積層された出発複合基板上に出発平坦化層を介して出発種結晶層としてシリコン単結晶薄膜が接合された出発支持基板を、成長基板として準備する工程、
（２）前記成長基板上に、少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層をエピタキシャル成長させることで、ＧａＮの（０００２）成長面の結晶性がＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下である前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層を含む接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板を製造する工程、
（３）前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層との界面近傍にレーザーを照射して

、剥離層を形成する工程、
（４）前記出発複合基板とは別の複合基板として、多結晶セラミックコア、該多結晶セラミックコア全体に結合された第１の接着層、該第１の接着層全体に結合されたバリア層、該バリア層の裏面に結合された第２の接着層、および該第２の接着層の裏面に結合された導電層を含む複数の層が積層された複合基板を準備し、該複合基板の表面上のみに平坦化層を積層する工程、
（５）工程（４）で準備した前記複合基板上に積層した前記平坦化層と前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層とを貼り合わせて、接合基板を得る工程、
（６）前記剥離層で前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜を分割して、前記成長基板の一部を前記接合基板から剥離する工程、
（７）剥離面を研磨することで、前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜の前記接合基板に残った部分を除去して、前記複合基板と、前記複合基板上に平坦化層を介して接合された前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層とを含む支持基板を得る工程、および
（８）前記支持基板の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体層をエピタキシャル成長させて、窒化物半導体基板を製造する工程
を含むことを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。
【請求項１６】
少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＩＩＩ族窒化物半導体層をエピタキシャル成長させることを含む窒化物半導体基板の製造方法であって、
（１）接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板を製造するため、シリコン単結晶基板、または複数の層が積層された出発複合基板上に出発平坦化層を介して出発種結晶層としてシリコン単結晶薄膜が接合された出発支持基板を、成長基板として準備する工程、
（２）前記成長基板上に、少なくともＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層をエピタキシャル成長させることで、ＧａＮの（０００２）成長面の結晶性がＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下である前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層を含む接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板を製造する工程、
（３）前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層との界面近傍にレーザーを照射して、剥離層を形成する工程、
（４）前記出発複合基板とは別の複合基板として、多結晶セラミックコア、該多結晶セラミックコア全体に結合された第１の接着層、該第１の接着層の裏面に結合された導電層、該導電層の裏面に結合された第２の接着層、並びに該第１の接着層の表面および側面と前記導電層の側面と前記第２の接着層の側面および裏面とに結合されたバリア層を含む複数の層が積層された複合基板を準備し、該複合基板の表面上のみに平坦化層を積層する工程、
（５）工程（４）で準備した前記複合基板上に積層した前記平坦化層と前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層とを貼り合わせて、接合基板を得る工程、
（６）前記剥離層で前記接合用ＩＩＩ族窒化物半導体基板の前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜を分割して、前記成長基板の一部を前記接合基板から剥離する工程、
（７）剥離面を研磨することで、前記シリコン単結晶基板または前記シリコン単結晶薄膜の前記接合基板に残った部分を除去して、前記複合基板と、前記複合基板上に平坦化層を介して接合された前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層とを含む支持基板を得る工程、および
（８）前記支持基板の前記ＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＧａＮを含むＩＩＩ族窒化物半導体層をエピタキシャル成長させて、窒化物半導体基板を製造する工程

を含むことを特徴とする窒化物半導体基板の製造方法。
【請求項１７】
工程（３）において使用する前記レーザーの波長を３６０ｎｍ以上１１００ｎｍ以下とすることを特徴とする請求項１３から１６のいずれか１項に記載の窒化物半導体基板の製造方法。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００４】
近年、５Ｇ等に代表されるような通信速度の高速化、またそれに伴う高出力化の要求により、高周波、且つ高出力で動作可能なＧａＮ　ＨＥＭＴが注目されている。
【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１９
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１９】
このように種結晶のＧａＮの（０００２）成長面の結晶性がＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下であるＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＩＩＩ族窒化物半導体層が形成された窒化物半導体基板であれば、転位密度が極めて少なく結晶性が良好なＩＩＩ族窒化物半導体層を有するものとすることができ、デバイスの特性を向上できる。
【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２２】
このように種結晶のＧａＮの（０００２）成長面の結晶性がＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下であるＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＩＩＩ族窒化物半導体層が形成された窒化物半導体基板であれば、転位密度が極めて少なく結晶性が良好なＩＩＩ族窒化物半導体層を有するものとすることができ、デバイスの特性を向上できる。
【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００２６】
このように種結晶のＧａＮの（０００２）成長面の結晶性がＸＲＤ半値幅で５５０ａｒｃｓｅｃ以下であるＩＩＩ族窒化物半導体種結晶層上にＩＩＩ族窒化物半導体層が形成された窒化物半導体基板であれば、転位密度が極めて少なく結晶性が良好なＩＩＩ族窒化物半導体層を有するものとすることができ、デバイスの特性を向上できる。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００８５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００８５】
また、本発明の窒化物半導体基板１００は、上記の通り複数の層が積層された複合基板

６を含む支持基板１０を含むことにより、熱膨張係数差によるＩＩＩ族窒化物半導体層２０のエピタキシャル成長中の反りを小さくすることができるので、クラックを含まずに厚さの大きなＩＩＩ族窒化物半導体層２０を有することができる。そのため、ＩＩＩ族窒化物半導体層２０を最終的に支持基板１０から剥離し、自立基板として使用する事もできる。

【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００９３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００９３】
平坦化層７は、例えばＬＰＣＶＤプロセス等によって堆積され、例えば厚さは５００ｎｍ～３０００ｎｍ程度である。この平坦化層７は、上面の平坦化のために堆積されるものである。平坦化層７の材質としては、例えば、テトラエチルオルトシリケート、または酸化珪素（SiO_2）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、窒化ケイ素（Si_3N_4）、あるいは酸窒化珪素（$Si_xO_yN_z$；$0<x<1$、$0<y<2$、$0 \leqq z \leqq 0.6$）等の通常のセラミックスの膜材等が選ばれる。

【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０１５０
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０１５０】
また、第１の実施形態では、図５（ｇ）に示すようにシリコン単結晶薄膜３８を分割することで接合基板３００から出発支持基板３０を剥離するため、剥離された出発支持基板３０の表層に再度シリコン単結晶を貼り合わせることで得られる基板を、再度出発支持基板として利用可能となり、コスト削減のメリットを得ることができる。必要に応じ、表層に残ったシリコン単結晶薄膜３８の一部分３８ｂを除去して、SiO_2を成膜してからシリコン単結晶を貼り合わせてもよい。バックグラインド等で除去する場合では、基板の再利用ができない。

【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０１７２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０１７２】
（実施例２）
実施例２では、図７～図９に示す第２の実施形態の製造フローで、窒化物半導体基板を製造した。

【手続補正１０】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図４
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図４】

