

(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2005-129825

(P2005-129825A)

(43) 公開日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int. Cl.⁷

H O 1 L 21/331

H O 1 L 29/737

F I

H O 1 L 29/72

H

テーマコード (参考)

5 F O O 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-365736 (P2003-365736)

(22) 出願日 平成15年10月27日 (2003.10.27)

(71) 出願人 000002093

住友化学株式会社

東京都中央区新川二丁目27番1号

(74) 代理人 100093285

弁理士 久保山 隆

(74) 代理人 100113000

弁理士 中山 亨

(74) 代理人 100119471

弁理士 榎本 雅之

(72) 発明者 秦 雅彦

茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式会社内

(72) 発明者 小野 善伸

茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 化合物半導体基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】

放熱性に優れる化合物半導体基板を、従来より簡便に製造する方法を提供する。

【解決手段】

次の工程を含むことを特徴とする化合物半導体基板の製造方法。

(ア) 元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて得られた化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に支持基板を仮接着する工程。

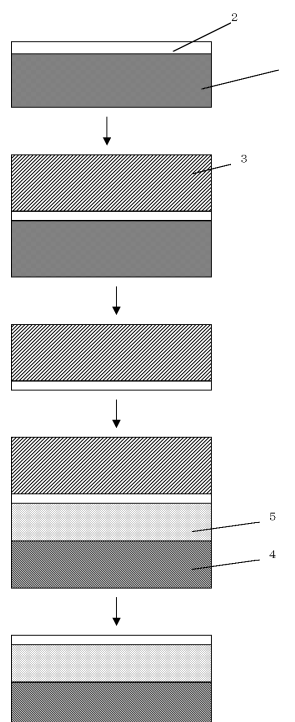
(イ) 該元基板の全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部を研磨により除去する工程。

(ウ) 該化合物半導体層基板の工程(イ)により露出した化合物半導体機能層に、熱伝導度が該元基板より大きい物質からなる高熱伝導基板を接着する工程。

(エ) エピタキシャル成長面に仮接着された該支持基板を分離除去する工程。

【選択図】

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

次の工程を含むことを特徴とする化合物半導体基板の製造方法。

(ア) 元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて得られた化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に支持基板を仮接着する工程。

(イ) 該元基板の全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部を研磨により除去する工程。

(ウ) 該化合物半導体層基板の工程(イ)により露出した化合物半導体機能層に、熱伝導度が該元基板より大きい物質からなる高熱伝導基板を接着する工程。

(エ) エピタキシャル成長面に仮接着された該支持基板を分離除去する工程。

10

【請求項 2】

次の工程を含むことを特徴とする化合物半導体基板の製造方法。

(カ) 元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて得られた化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に、熱伝導度が該元基板より大きい物質からなる高熱伝導基板を接着する工程。

(キ) 該元基板の全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部を研磨により除去する工程。

【請求項 3】

化合物半導体機能層が、In、GaおよびAlからなる群より選ばれる1種以上を含み、かつN、P、AsおよびSbからなる群より選ばれる1種以上を含み、少なくとも2層からなる化合物半導体機能層である請求項1または2に記載の製造方法。

20

【請求項 4】

高熱伝導基板が、Al、Cu、Fe、Mo、W、ダイヤモンド、SiC、AlN、BNまたはSiのいずれか1種以上を含む高熱伝導基板である請求項1～3のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 5】

請求項1～4に記載の製造方法により製造された化合物半導体基板を用いることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、化合物半導体基板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

化合物半導体基板は、電界効果トランジスタ、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ等の電子デバイスの製造に用いられている。これらのデバイスにおいては、高い電流密度で作動させると電子デバイスの温度が上昇し、トランジスタの電流増幅率やダイオードの整流特性等の電子デバイスの特性の低下や信頼性の低下が生じることが知られている。この電子デバイスの温度上昇を低減するため、放熱性に優れた3-5族の化合物半導体基板の製造方法が検討されている。

40

【0003】

例えば、GaAs単結晶からなる元基板上に電界効果トランジスタとなる化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて形成し、その化合物半導体機能層ともGaAs単結晶元基板とも異なる化学的性質を有するAlAs層を化合物半導体機能層とGaAs単結晶元基板の間に成長させ、AlAs層を選択的にエッチングして除去することによりGaAs単結晶元基板を取り外し、その代わりに熱伝導度が高いダイヤモンド製の高熱伝導基板を接着することにより、放熱性に優れた化合物半導体基板を製造する方法が提案されている(例えば、特許文献1参照。)。しかし、化合物半導体機能層とGaAs単結晶元基板の間のAlAs層が消失するまで選択的なエッチングを行うには長時間を要するので、放熱性に優れた化合物半導体基板を、より簡便に製造する方法が求められていた。

50

【 0 0 0 4 】

【特許文献1】特開2000-58562号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、放熱性に優れる化合物半導体基板を、従来より簡便に製造する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明者らは、放熱特性に優れる化合物半導体基板を簡便に製造する方法について鋭意検討した結果、元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて得られた化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に支持基板を仮接着し、元基板および該元基板近傍のエピタキシャル層の一部を研磨により取り除き、元基板の代わりに熱伝導度の高い物質からなる高熱伝導基板を接着し、仮接着された支持基板を分離除去するかまたは、化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に高熱伝導基板を接着し、元基板全部および該元基板近傍の化合物半導体機能層の一部を研磨により除去することにより、放熱性に優れる化合物半導体基板を簡便に製造することができることに思い至り、本発明を完成させるに至った。

【 0 0 0 7 】

すなわち本発明は、次の工程を含むことを特徴とする化合物半導体基板の製造方法を提供する。

(ア) 元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて得られた化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に支持基板を仮接着する工程。

(イ) 該元基板の全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部を研磨により除去する工程。

(ウ) 該化合物半導体層基板の工程(イ)により露出した化合物半導体機能層に、熱伝導度が該元基板より大きい物質からなる高熱伝導基板を接着する工程。

(エ) エピタキシャル成長面に仮接着された該支持基板を分離除去する工程。

また本発明は、次の工程を含むことを特徴とする化合物半導体基板の製造方法を提供する。

(カ) 元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させて得られた化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に、熱伝導度が該元基板より大きい物質からなる高熱伝導基板を接着する工程。

(キ) 該元基板の全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部を研磨により除去する工程。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明の製造方法により製造された化合物半導体基板は放熱性に優れるので、該化合物半導体エピタキシャル複合基板を用いて製造された電界効果トランジスタ、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ等の電子デバイスは、高い電流密度で作動させた場合の電子デバイスの温度上昇が少なく、トランジスタの電流増幅率やダイオードの整流特性等の電子デバイスの特性の低下や信頼性の低下が少なくなり、そして本発明の製造方法により、このような化合物半導体基板を簡便に製造することができるので、本発明は工業的に極めて有用である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 9 】

本発明の化合物半導体基板の第一の製造方法は、前記の(ア)～(エ)の工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

工程(ア)で用いる元基板としては、単結晶GaAs、単結晶InPまたはサファイア

等の単結晶基板を挙げることができ、市販のものを用いることができる。その元基板の表面上に、有機金属気相成長(MOCVD)法、分子線エピタキシャル成長方法、ハライド気相成長方法(出発原料としてハロゲンを含むガスを用いる。)、ハイドライド気相成長方法、液相エピタキシャル成長法等の公知のエピタキシャル成長方法を用いて化合物半導体機能層を形成して化合物半導体層基板を得ることができる。元基板は、その表面を清浄化した後に用いることが好ましい。

【0011】

本発明の製造方法においては、化合物半導体機能層としては、3族元素のIn、GaおよびAlからなる群より選ばれる1種以上を含み、かつ5族元素のN、P、AsおよびSbからなる群より選ばれる1種以上を含み、少なくとも2層からなる化合物半導体機能層であることが好ましい。なお、この場合はIn、Ga、Al、N、P、AsおよびSb以外の元素は不純物である。また、組成または不純物濃度が異なれば、別の層であり、前記少なくとも2層からなるとは、組成は同一で不純物濃度が異なる2層からなる場合を含む。

10

【0012】

その化合物半導体機能層を有する化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面に、支持基板を仮接着する。この支持基板は、この後の工程において、化合物半導体基板が破損しないように補強するためのものであり、機械的強度が十分であれば特に材料は特に限定されないが、支持基板としては、例えば、石英、サファイア等の絶縁性のガラス基板やセラミック基板; Si、Ge等の半導性の基板などを用いることができる。

20

【0013】

この支持基板を化合物半導体層基板に仮接着する接着剤としては、エレクトロンワックス、粘着テープを例示することができるが、以下の工程において剥離しない程度に必要な接着強度を有していることと、工程(エ)においてエピタキシャル成長表面に化学的あるいは物理的变化を与えることなくエピタキシャル成長面から剥離可能なものであれば、特に限定されるものではない。

【0014】

次に、工程(イ)において、元基板全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部を研磨により除去する。研磨は、機械的研磨法、化学機械的研磨法、化学的研磨法のいずれか一つ以上の方法により行うことができる。

30

【0015】

ここで、機械的研磨方法としては具体的には、研磨材または研磨薬品の共存下で研磨盤に被研磨体を適切な応力で押し付け研磨する方法が挙げられ、化学機械的研磨方法としては、研磨薬品による研磨面の溶解と機械的研磨を組合せる研磨方法や、研磨材または研磨薬品を含む水などの液体を、元基板と化合物半導体機能層の界面付近に高圧を用いて細い流れとして噴射し、その化学的および機械的研磨作用により元基板と化合物半導体機能層とを切り離す方法が挙げられ、化学的研磨法としては、液体の研磨薬品による腐食・溶解を用いる方法や気体による腐食・揮発を用いる方法が挙げられる。

【0016】

次に、工程(ウ)において、その前の工程(イ)において元基板全部および該元基板近傍の該化合物半導体機能層の一部が除去された後に露出した化合物半導体機能層に、元基板より熱伝導度の高い材料からなる高熱伝導基板を接着する。高熱伝導基板の大きさは、通常は元基板と略同一であるが、より大きな基板を用いることもできる。

40

【0017】

この高熱伝導基板の材料としては、具体的には、ダイヤモンド、炭化珪素、窒化アルミニウム、窒化硼素、シリコン、金属、金属酸化物、金属硼化物等を挙げることができ、高熱伝導基板がAl、Cu、Fe、Mo、W、ダイヤモンド、SiC、AlN、BNまたはSiのいずれか一つ以上を含む高熱伝導基板であることが好ましい。金属のAl、Cu、Fe、MoおよびWは、その金属のいずれか2種以上の合金を用いることもできる。

【0018】

50

ここで、ダイヤモンド、炭化珪素、窒化アルミニウム、窒化硼素は、単結晶であれば熱伝導度が高いが、一般に大きな単結晶基板は得られにくく、また高価でもあることから、安価な多結晶やアモルファスの基板を用いることができ、例えば、化学気相蒸着（CVD）法、焼結法等により得られた安価な多結晶Si基板；単結晶Si基板上、多結晶Si基板上またはセラミック基板上に厚さが300μm以下、好ましくは150μm以下かつ50μm以上の多結晶またはアモルファスの薄膜のダイヤモンドを形成してなる基板（これを「ダイヤモンド基板」と称する。）；焼結法またCVD法により作製された多結晶またはアモルファスの炭化珪素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素からなる基板が高熱伝導基板としてより好ましい。ダイヤモンド基板は、入手が比較的容易なうえ、Si基板やセラミック基板が高い強度を有しているのでハンドリングが容易であり、かつアモルファスの薄膜のダイヤモンドの熱伝導度が高い（ $> 1000 \text{ W/mK}$ ）ので、本発明の化合物半導体基板用の高熱伝導基板として最も好ましい。

10

【0019】

さらに、電子デバイスの動作時においては、熱の発生に伴い電子デバイス側から高熱伝導基板側に温度勾配が生じる。このとき、デバイスを形成する化合物半導体機能層に接着される高熱伝導基板と該化合物半導体機能層の間では熱膨張係数の差により引っ張りあるいは圧縮の応力が発生するため、高熱伝導基板は化合物半導体機能層と熱膨張係数が近いものが好ましい。

【0020】

さらに、高熱伝導基板の材料となる物質の熱伝導度は、単結晶基板より高ければ本発明の製造方法で用いることができるが、元基板として通常用いられるGaAs単結晶基板、InP単結晶基板、サファイア基板等の材料となる物質が有する40～70W/mKの熱伝導度より高い100W/mK程度以上の熱伝導度であれば、本発明の効果を得ることができ、より好ましくは150W/mK以上、さらに好ましくは500W/mK以上である。

20

【0021】

なお、高熱伝導基板の材料としては、化合物半導体基板を用いて製造される電子デバイスが高周波用であれば、高周波での誘電損失を低減するために 10^3 cm 以上の比抵抗率を有する高抵抗材料が好ましい。さらに好ましいのは 10^5 cm 以上である。また、高周波での誘電損失が少ないことが求められない用途であれば、各種半導体やセラミックスの他、金属、金属酸化物、金属硼化物などからなる導電性の基板を用いることもできる。

30

【0022】

また、エピタキシャル成長させた化合物半導体機能層と高熱伝導基板との接着方法としては、材料に応じ選択でき、各種有機および無機接着剤等を用いることができる。無機接着剤としては、例えば、In、Snまたはハンダ等の低融点金属を例示することができる。また、有機接着剤としては、例えば、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂、エレクトロニックワックス（具体的には、Apiezon社製のワックス「W」などを用いることができる。）等を例示することができ、有機接着剤が好ましい。なお、化合物半導体機能層または高熱伝導基板が光を透過する場合は、有機接着剤の中でも光硬化性樹脂を含む接着剤を用いることができる。接着剤の層の厚さは、化合物半導体機能層から発生する熱の高熱伝導基板による放熱を損なわない程度の厚さとすることが好ましい。

40

【0023】

一方、化合物半導体機能層と高熱伝導基板との接合表面に清浄化処理あるいは化学的処理を行うことにより、またさらに熱処理を行うことにより、化合物半導体機能層と高熱伝導基板は直接接合することができる（例えば、Journal of Optical Physics and Materials, Vol. 6, No. 1, 1997年, p. 19-48参照。）。直接接合を行う場合には、半導体エピタキシャル層と固体材料との熱膨張係数差は小さいことが好ましい。

【0024】

50

次に、工程（エ）において支持基板を分離し、化合物半導体基板を得る。分離方法としては、エレクトロンワックスの場合は加熱してエレクトロンワックスを融解し、支持基板を分離した後、残存しているワックスを有機溶剤を用いて洗浄することにより容易に行うことができる。

【0025】

本発明の第二の製造方法は、前記の（カ）、（キ）の工程を含むことを特徴とする化合物半導体基板の製造方法である。

【0026】

本発明の第二の製造方法においては、第一の製造方法と比較して、支持基板が不要であり、その接着および剥離工程が不要となる。ただし、エピタキシャル層の積層順序は第一

10

の本発明の製造方法により製造される場合と逆になる。

本発明の第二の製造方法において用いられる元基板、化合物半導体機能層、高熱伝導基板は前記の本発明の第一の製造方法と同様のものを用いることができる。また、接着方法、研磨方法についても、本発明の第一の製造方法と同様の方法を用いることができる。

【0027】

本発明の第一および第二の製造方法における各製造工程においては、化合物半導体基板の周辺部が破損・欠損し易いため、化合物半導体基板の製造工程後、またはその工程の途中で周辺部を切除し、化合物半導体基板の形状を、化合物半導体基板の製造工程後の電子デバイスの製造工程に適した形状に加工することができる。

【0028】

また、本発明の第一および第二の製造方法により製造される化合物半導体基板の寸法および形状は、元基板とほぼ同じとすることができるので、化合物半導体基板が製造された後の加工工程においては、従来の製造設備を用いて行うことができるので、本発明の製造方法は工業的に有利である。

20

【実施例】

【0029】

以上、本発明に関し、詳細に実施態様を説明してきたが、以下さらに具体的に実施例に基づき説明するが本発明はこれに限定されるものではない。

【0030】

実施例 1

30

図 1 に化合物半導体製造の実施例 1 における手順の概略を示した。

市販の直径 100 mm、厚さ 630 μm の単結晶半絶縁性 GaAs 元基板 1 上に III 族元素を含む出発原料として、トリメチルガリウム、トリエチルガリウム、トリメチルアルミニウム、トリメチルインジウム、V 族元素を含む出発原料として、アルシン、ホスフィン、また伝導性制御のための不純物としてジシラン（n 型制御）、トリクロロプロモメタン（p 型制御）を水素ガスキャリアと共に用いた有機金属気相熱分解法により、ヘテロバイポーラトランジスタ用の化合物半導体機能層 2 を成長させ、化合物半導体層基板を作製した。該化合物半導体機能層 2 の層構造は次のような設計とした。元基板側からノンドープ GaAs 50 nm、ノンドープ AlAs 50 nm、ノンドープ GaAs 500 nm、Si ドープ（電子濃度 $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）n 型 GaAs サブコレクタ層 500 nm、Si ドープ（電子濃度 $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ ）n 型 GaAs コレクタ層 500 nm、C ドープ（正孔濃度 $4 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ）p 型 GaAs ベース層 80 nm、Si ドープ（電子濃度 $3 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ）n 型 InGaP エミッタ層 30 nm、Si ドープ（電子濃度 $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）n 型 GaAs サブエミッタ層 100 nm、Si ドープ（電子濃度 $2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ）n 型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ （ $x = 0 \sim 0.5$ の傾斜構造）コンタクト層 100 nm である。

40

【0031】

次に約 100 $^\circ\text{C}$ に加熱されたホットプレート上に厚さ 500 μm 、直径 100 mm の透明石英製の支持基板を載せ、エレクトロンワックスを塗布溶解させた後、成長の終了した化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面を接着面として支持基板 3 に接着した。この

50

とき、化合物半導体層基板裏面から治具を介して約 5 kg の荷重を与え均一にエレクトロンワックスを接着剤として接着面にゆきわたらせた後、ホットプレート加熱を停止し、エレクトロンワックスを固化させ透明石英製支持基板に支持された化合物半導体層基板を得た。透明石英製の支持基板に支持された化合物半導体層基板の厚みをダイヤルゲージにより計測したところ、 $1130\text{ }\mu\text{m}$ であった。

【0032】

次に該化合物半導体層基板の支持基板側を固定面として研磨装置に設置し、約 20 分間、GaAs 元基板側の機械研磨を行い、約 $580\text{ }\mu\text{m}$ を除去した。この基板を研磨装置から外し、水洗浄の後、クエン酸 / 過酸化水素 / 水系エッチング溶液に浸漬し、約 4 時間エッチングを実施し、GaAs 元基板とエピタキシャル成長された AlAs 層より基板側の GaAs 層を全て溶解した。水洗し、それから 5 % HF 水溶液に 3 分間浸漬し、AlAs 層を除去した。

10

【0033】

次に直径 100 mm 、厚さ約 $500\text{ }\mu\text{m}$ の市販の単結晶 Si 基板 4 上に水素及びメタンを原料としたプラズマ CVD 法により厚さ約 $50\text{ }\mu\text{m}$ の高抵抗絶縁性ダイヤモンド薄膜 5 を形成し鏡面研磨した基板の表面にポリイミド水溶液をスピン塗布した表面上に、上記の単結晶 GaAs 元基板が除去され、石英製支持基板に貼合・支持された化合物半導体層基板の研磨面を接着面として貼り合わせた後、約 100 に加熱し接着すると共に、エレクトロンワックスを溶解して支持基板を取り外した。続いて窒素雰囲気炉内において約 20 kg の荷重を与えながら約 300 で 1 時間の熱処理を行ったところ十分な接着強度を有する化合物半導体基板を得た。

20

【0034】

この化合物半導体基板のエピタキシャル表面をアセトンにより超音波洗浄により清浄化した後、通常のリソグラフィ工程を用いてエミッタ面の寸法が $100\text{ }\mu\text{m} \times 100\text{ }\mu\text{m}$ のヘテロバイポーラトランジスタを製作した。コレクタメタルとして AuGe / Ni / Au、エミッタメタルおよびベースメタルとして Ti / Au を用いた。代表的なデバイス特性である電流増幅率は、コレクタ電流密度 $1\text{ kA} / \text{cm}^2 \cdot \text{時}$ において 148 であった。

【0035】

比較例 1

実施例 1 と同様にしてエピタキシャル成長させた化合物半導体層基板を、GaAs 単結晶の元基板の除去と高熱伝導基板の接着とを行うことなく、GaAs 単結晶の元基板上に化合物半導体機能層をエピタキシャル成長させた化合物半導体層基板をそのまま用いてエミッタの寸法が $100\text{ }\mu\text{m} \times 100\text{ }\mu\text{m}$ であるヘテロバイポーラトランジスタを作製し、その電流電圧特性を測定した。代表的なデバイス特性である電流増幅率は、コレクタ電流密度が $1\text{ kA} / \text{cm}^2 \cdot \text{時}$ において 132 であった。

30

【0036】

実施例 2

市販の直径 50 mm 、厚さ $500\text{ }\mu\text{m}$ の単結晶絶縁性サファイア製元基板（図 2 の 6。図 2 は従来技術による pn 接合ダイオードを示すが、化合物半導体機能層の構造は共通なので図 2 において示す。）上に III 族原料としてトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、V 族原料としてアンモニア、また伝導性制御のための添加物としてシラン（n 型制御）、ビスクロペンタジエニルマグネシウム（p 型制御）を水素ガスキャリアと共に用いた有機金属気相熱分解法により、pn 接合ダイオード用化合物半導体機能層を成長させた。該化合物半導体機能層の構造は次のような設計とした。元基板側からノンドープ GaN バッファ層を 20 nm （図 2 の 7）、ノンドープ GaN を 500 nm （図 2 の 8）、Si ドープ（電子濃度 $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）n 型 GaN を 5000 nm （図 2 の 9）、ノンドープ GaN を 50 nm 、ノンドープ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （ $x = 0.05$ ）、Mg ドープ（正孔濃度 $8 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）p 型 GaN を 80 nm （図 2 の 10）積層した構造とした。結晶成長後、該化合物半導体層基板は窒素ガス雰囲気下で約 500、10 分間熱処理し、p 型 GaN 層の活性化を行った。

40

50

【0037】

次に約100 に加熱されたホットプレート上に厚さ500 μ m、直径50mmの透明石英製支持基板を載せ、エレクトロンワックスを塗布溶解させた後、成長の終了した化合物半導体層基板のエピタキシャル成長面を接着面として透明石英製基板に接着した。このときエピタキシャル基板裏面から治具を介して約5kgの荷重を与え、均一にエレクトロンワックスを接着剤として接着面にゆきわたらせた後、ホットプレート加熱を停止し、エレクトロンワックスを固化させ支持基板に支持された化合物半導体層基板を得た。得られた透明石英製支持基板付きの化合物半導体層基板の厚みをダイヤルゲージにより計測したところ1006 μ mであった。

【0038】

次に該貼合化合物半導体基板の、支持基板を張り合わせたエピタキシャル成長面側を固定面として研磨装置にセットし、サファイア元基板側の機械研磨を約40分間行い、約480 μ mを除去した。続いて研磨剤及び研磨パッドを交換し、より細かい研磨砥粒を用いて22 μ mを除去した。この基板を研磨装置から外し、水で洗浄した後、王水で洗浄し、約0.5 μ m露出したGa₂O₃面を化学研磨した後水洗乾燥し、化合物半導体層基板を得た。

【0039】

次に直径50mm、厚さ約500 μ mの市販の単結晶Si基板(図3の12)上に水素及びメタンを原料としたプラズマCVD法により厚さ約50 μ mの高抵抗絶縁性ダイヤモンド薄膜(図3の11)を形成し、ダイヤモンド基板を得た。ダイヤモンド基板の表面を鏡面研磨し、その表面にポリイミド水溶液をスピン塗布し、上記の単結晶サファイア元基板を除去後に透明石英製支持基板を貼合した化合物半導体層を、その研磨面を接着面としてダイヤモンド基板と化合物半導体層を貼り合わせた後、約100 に加熱して接着すると共に、エレクトロンワックスを溶解し、石英製支持基板を取り外した。続いて窒素雰囲気炉内において約20kgの荷重を与えながら約300 で1時間熱処理を行ったところ、接着面の接着強度が十分な化合物半導体基板を得た。

【0040】

次にp型Ga₂O₃層表面に直径300 μ mのAu/Ni電極を蒸着後、400 で5分間熱処理し、p型オーミック電極13を得た。次に、該化合物半導体基板の、p型オーミック電極の周囲をドライエッチングにより約1000nmエッチング除去した後、王水処理し、さらに50nmエッチング除去した表面にAl金属を500nm蒸着し、n型オーミック電極14とした。これによりn型Ga₂O₃側に接続されたアルミニウム製n側オーミック電極とp型Ga₂O₃に接合されたp側オーミック電極とを有する、メサ型のGa₂O₃/AlGa₂O₃製pnヘテロ接合ダイオードを作製した。その断面構造を図3に示す。そのダイオード電流-電圧特性を試料4個につき計測したところ図4のような特性を得た。

【0041】

比較例2

実施例2において製作したGa₂O₃/AlGa₂O₃化合物半導体層基板と同一の反応炉において同一の条件下で製造した同一構造の化合物半導体層基板を用いて、サファイア元基板の除去と高熱伝導基板の接着を行うことなく実施例1と同様の電極作製工程によりn型Ga₂O₃側に接続されたアルミニウム製n側オーミック電極とp型Ga₂O₃に接合されたp側オーミック電極とを有する、メサ型のGa₂O₃/AlGa₂O₃製pnヘテロ接合ダイオードを作製した。その断面構造を図2に示す。そのダイオード電流-電圧特性を試料4個につき計測したところ図5のような特性を得た。

【0042】

図4に示した実施例2にかかわるダイオードでは順方向バイアス側(横軸の印加電圧値>0V)で電流値が大きく、かつ逆方向バイアス側(横軸の印加電圧値<0V)でのリーク電流値が小さいのに対し、図5では順方向バイアス側で電流値が小さくなっている一方、逆方向バイアス側でのリーク電流は増加しており、全く同一の構造を有するメサ型ヘテロ接合ダイオードでありながら基板部をCVDダイヤモンドとSi基板に交換した化合物

10

20

30

40

50

半導体複合基板を用いたダイオードに比べサファイア製元基板がそのまま用いられたダイオードの整流特性は十分ではないことがわかった。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】実施例1に例示される本発明の実施の形態の説明図。

【図2】比較例2に示される従来技術により得られたpn接合ダイオードの断面構造を示す。

【図3】実施例2に示される本発明により得られたpn接合ダイオードの断面構造を示す。

【図4】実施例2に示される本発明により得られたpn接合ダイオードの電流電圧特性を示す。縦軸はp電極とn電極間に流れる電流値I、単位はA（アンペア）であり、横軸はp電極とn電極に印加される電圧V、単位はV（ボルト）である。 10

【図5】比較例2に示される従来技術によるpn接合ダイオードの電流電圧特性を示す。縦軸はp電極とn電極間に流れる電流値I、単位はA（アンペア）であり、横軸はp電極とn電極に印加される電圧V、単位はV（ボルト）である。

【符号の説明】

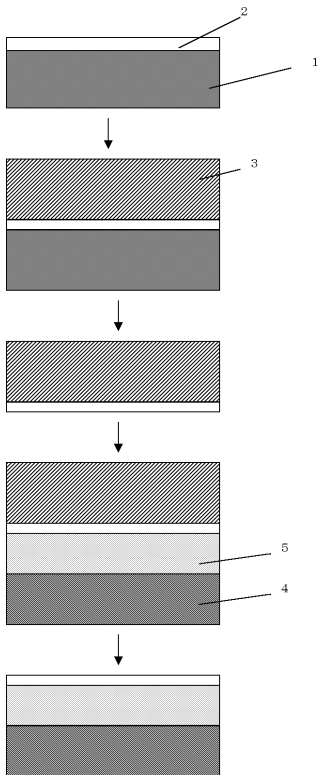
【0044】

- 1 単結晶半絶縁性GaAs元基板
- 2 エピタキシャル結晶層
- 3 支持用石英基板
- 4 Si基板
- 5 プラズマCVD法ダイヤモンド層
- 6 単結晶サファイア元基板
- 7 ノンドープGaNバッファ層
- 8 ノンドープGaNエピタキシャル層
- 9 Siドープn型GaNエピタキシャル層
- 10 Mgドープp型GaNエピタキシャル層
- 11 プラズマCVD法ダイヤモンド層
- 12 Si基板
- 13 オーミックp電極
- 14 オーミックn電極

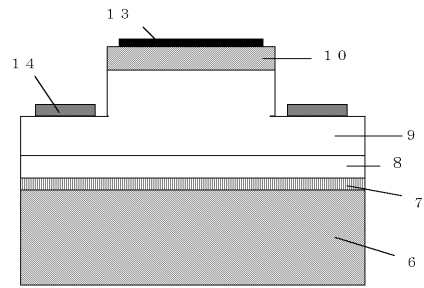
20

30

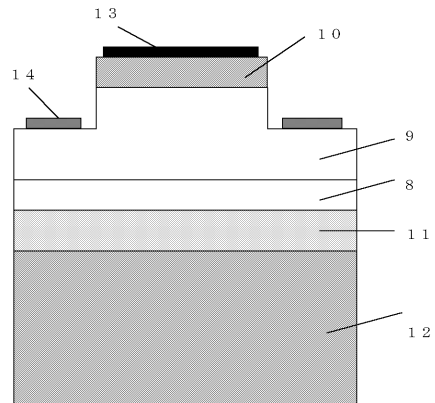
【図 1】



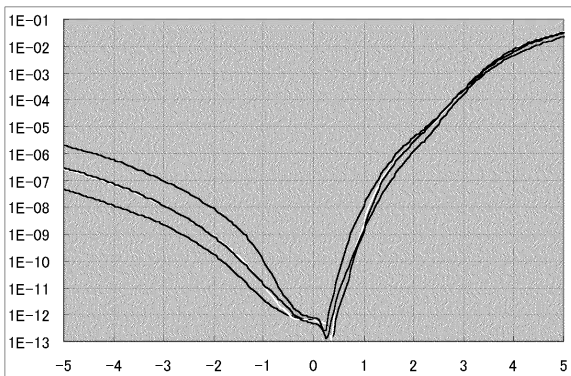
【図 2】



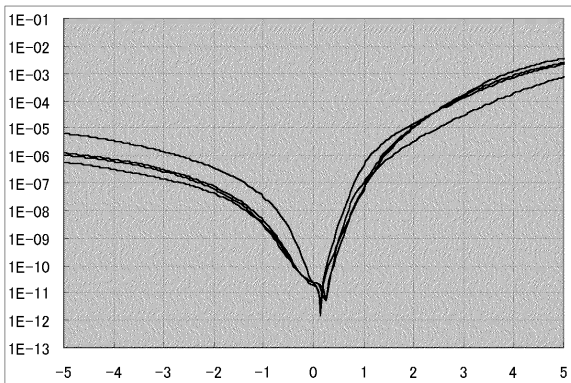
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 上田 和正

茨城県つくば市北原 6 住友化学工業株式会社内

F ターム(参考) 5F003 AZ03 AZ07 BA92 BE01 BF06 BH05 BH08 BH99 BM02 BP36