(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 7 月 21 日(21.07.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/114260 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/8222 (2006.01)　*H01L 27/06* (2006.01)
H01L 21/306 (2006.01)　*H01L 27/095* (2006.01)
H01L 21/308 (2006.01)　*H01L 29/737* (2006.01)
H01L 21/331 (2006.01)　*H01L 29/778* (2006.01)
H01L 21/338 (2006.01)　*H01L 29/812* (2006.01)
H01L 21/8248 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050696

(22) 国際出願日: 2016 年 1 月 12 日(12.01.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-006049 2015 年 1 月 15 日(15.01.2015) JP

(71) 出願人: 住友化学株式会社(SUMITOMO CHEMICAL COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1048260 東京都中央区新川二丁目２７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 守谷　美彦(MORIYA Yoshihiko); 〒1048260 東京都中央区新川二丁目２７番１号 住友化学株式会社内 Tokyo (JP). 目黒　健(MEGURO Takeshi); 〒3191418 茨城県日立市砂沢町８８０番地　株式会社サイオクス内 Ibaraki (JP). 和田　次郎(WADA Jiro); 〒3191418 茨城県日立市砂沢町８８０番地　株式会社サイオクス内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 絹谷　信雄(KINUTANI Nobuo); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目１５番１２号　ケミカルビル Tokyo (JP).

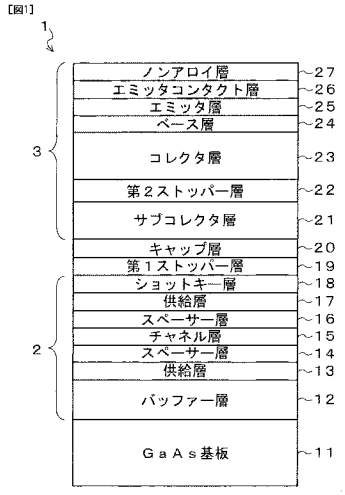
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) **Title**: GROUP III-V COMPOUND SEMICONDUCTOR EPITAXIAL WAFER, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称 : ＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体エピタキシャルウェハ及びその製造方法

[図1]



11 GaAs substrate
12 Buffer layer
13, 17 Supply layer
14, 16 Spacer layer
15 Channel layer
18 Schottky layer
19 First stopper layer
20 Cap layer
21 Sub-collector layer
22 Second stopper layer
23 Collector layer
24 Base layer
25 Emitter layer
26 Emitter contact layer
27 Non-alloy layer

(57) **Abstract**: The present invention makes it possible to obtain adequate etching selectivity even when a stopper layer between an HEMT structure layer and an HBT structure layer is made thinner. The present invention is provided with: a monocrystalline substrate 11; a high-electron-mobility transistor structure layer 2 formed on the monocrystalline substrate 11, a Schottky layer 18 comprising GaAs being formed in the uppermost layer of the high-electron-mobility transistor structure layer 2; a hetero-bipolar transistor structure layer 3 formed on the high-electron-mobility transistor structure layer 2; and a first stopper layer 19 formed between the high-electron-mobility transistor structure layer 2 and the hetero-bipolar transistor structure layer 3. A second stopper layer 22 is formed closer to the high-electron-mobility transistor structure layer 2 than the base layer 24 of the hetero-bipolar transistor structure layer 3. The second stopper layer 22 either is not etched or has a higher etching selectivity than does GaAs in relation to an etching fluid for etching the hetero-bipolar transistor structure layer 3.

(57) 要約:　ＨＥＭＴ構造層とＨＢＴ構造層間のストッパー層を薄くした場合であっても、十分なエッチング選択比を得ることを可能とする。単結晶基板１１と、単結晶基板１１上に形成され、最上層にＧａＡｓからなるショットキー層１８が形成された高電子移動度トランジスタ構造層２と、高電子移動度トランジスタ構造層２上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタ構造層３と、高電子移動度トランジスタ構造層２とヘテロバイポーラトランジスタ構造層３との間に形成された第１ストッパー層１９と、を備え、ヘテロバイポーラトランジスタ構造層３のベース層２４よりも高電子移動度トランジスタ構造層２側に、ヘテロバイポーラトランジスタ構造層３をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層２２を形成したものである。

WO 2016/114260 A1

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

ＩＩＩ－Ｖ族化合物半導体エピタキシャルウェハ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、単結晶基板上に高電子移動度トランジスタ構造層とヘテロバイポーラトランジスタ構造層を順次積層したIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 消費電力を削減するために、ＧａＡｓ単結晶基板上に高電子移動度トランジスタ（High Electron Mobility Transistor；以下、ＨＥＭＴという）構造層とヘテロバイポーラトランジスタ（Hetero Bipolar Transistor；以下、ＨＢＴという）構造層を順次積層したＢｉＦＥＴ構造のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハが知られている。

[0003] ＢｉＦＥＴ構造のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハを用いて作成されたトランジスタ素子は、スイッチ機能を有するＨＥＭＴと、パワーアンプ機能を有するＨＢＴとを組み合わせたものとなり、例えば、携帯端末の送受信用のパワー増幅器モジュール等に用いることができる。

[0004] ところで、ＢｉＦＥＴ構造のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハでは、ＨＥＭＴ構造層とＨＢＴ構造層とを分離するために、ＨＢＴ構造層の一部をウェットエッチングにより除去してＨＥＭＴ構造層を露出させる必要がある。このとき、エッチングによりＨＢＴ構造層のみを除去できるように、ＨＥＭＴ構造層とＨＢＴ構造層との間には、エッチングを停止させるためのストッパー層が設けられている。

[0005] ストッパー層としては、ＨＢＴ構造層をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比（単に選択比ともいう）が高いものが用いられる。具体的には、ＩｎＧａＰやＡｌＡｓからなるストッパー層が一般に用いられている。

[0006] ストッパー層を備えることで、ＨＢＴ構造層をエッチングする際にＨＥＭＴ構造層上のストッパー層でエッチングを停止させることが可能となり、その後、ストッパー層のみをエッチングするエッチング液でストッパー層を除去すれば、ＨＥＭＴ構造層を露出させることができる。

[0007] しかしながら、ストッパー層の性能（エッチングを停止させる性能）が十分でないと、エッチングが停止されない場合がある。

[0008] ストッパー層の性能を向上する方法として、ストッパー層の純度を高くする（高V/III比にする）方法や、ストッパー層の膜厚を厚くする方法、あるいは、ストッパー層前後のインターバルシーケンスを最適化する方法等が従来より提案されている。

[0009] なお、この出願の発明に関連する先行技術文献情報としては、特許文献１がある。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開２０１１－１９２７３４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、上述のようなストッパー層の性能を向上させる方法では、ストッパー層自体の除去が困難となってしまう場合がある。

[0012] 特に、ストッパー層を厚くした場合には、ストッパー層が抵抗層となって問題が生じる場合がある。さらに、ストッパー層としてＩｎＧａＰを用いた場合、ストッパー層を厚くすると、ストッパー層界面にて界面チャージが発生して界面付近も抵抗層となってしまい問題である。さらにまた、ストッパー層を厚くした場合、異物が発生し易くなり、この異物も抵抗成分となってしまう。よって、ストッパー層は薄い方が好ましい。

[0013] そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、ＨＥＭＴ構造層とＨＢＴ構造層間のストッパー層を薄くした場合であっても、十分なエッチング選択比

を得ることが可能なIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ及びその製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明は上記目的を達成するために創案されたものであり、単結晶基板と、前記単結晶基板上に形成され、最上層にＧａＡｓからなるショットキー層が形成された高電子移動度トランジスタ構造層と、前記高電子移動度トランジスタ構造層上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタ構造層と、前記高電子移動度トランジスタ構造層とヘテロバイポーラトランジスタ構造層との間に形成され、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングする際にエッチングを停止させるための第１ストッパー層と、を備えたIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハにおいて、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層のベース層よりも前記高電子移動度トランジスタ構造層側に、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層を形成したIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハである。

[0015] 前記エッチング液がアンモニア過水の水溶液であり、前記第２ストッパー層として、アンモニア過水の水溶液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされないものを用いてもよい。

[0016] 前記第２ストッパー層が、ＩｎＧａＰまたはＡｌＡｓからなり、前記第２ストッパー層の厚さが２ｎｍ以上であってもよい。

[0017] 前記第２ストッパー層の厚さが５０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であってもよい。

[0018] 前記第２ストッパー層が、ＩｎＧａＰからなり、前記第２ストッパー層のＡｓ濃度が$2\times10^{20}cm^{-3}$以下であってもよい。

[0019] 前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層の表面粗さ（ＲＭＳ）が１ｎｍ以下であってもよい。

[0020] 前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層の表面粗さ（ＲＭＳ）が０．４

ｎｍ以下であってもよい。

[0021] 前記第２ストッパー層のキャリア濃度は、前記第２ストッパー層の直上に形成されるエピタキシャル層のキャリア濃度以下であってもよい。

[0022] 前記第２ストッパー層の前記エッチング液に対するエッチング選択比が、ＧａＡｓの５倍以上であってもよい。

[0023] また、本発明は、単結晶基板と、前記単結晶基板上に形成され、最上層にＧａＡｓからなるショットキー層が形成された高電子移動度トランジスタ構造層と、前記高電子移動度トランジスタ構造層上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタ構造層と、前記高電子移動度トランジスタ構造層とヘテロバイポーラトランジスタ構造層との間に形成され、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングする際にエッチングを停止させるための第１ストッパー層と、を備えたIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハの製造方法において、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層のベース層よりも前記高電子移動度トランジスタ構造層側に形成されたサブコレクタ層上に、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層を形成し、前記第２ストッパー層を、前記サブコレクタ層の成長温度以下で形成するIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハの製造方法である。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の一実施形態に係るIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハの積層構造図である。

[図2]本発明の実施例において、エッチング選択比とエッチング後の抵抗値の規格値との関係を示すグラフ図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施形態を添付図面にしたがって説明する。

[0026] 図１は、本実施形態に係るIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハの積層構造図である。

[0027] 図１に示すように、III-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ（以下、単にウェハという）１は、半絶縁性ＧａＡｓからなる単結晶基板１１と、単結晶基板１１上に形成された高電子移動度トランジスタ構造層（以下、ＨＥＭＴ構造層という）２と、ＨＥＭＴ構造層上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタ構造層（以下、ＨＢＴ構造層という）３と、を備えたＢｉＦＥＴ構造のウェハである。

[0028] ＨＥＭＴ構造層２は、単結晶基板１１上に、バッファー層１２、供給層１３、スペーサー層１４、チャネル層１５、スペーサー層１６、供給層１７、ショットキー層１８を順次積層して形成される。

[0029] バッファー層１２は例えばアンドープＡｌＧａＡｓ層からなり、供給層１３は例えばｎ型ＡｌＧａＡｓ層、スペーサー層１４は例えばアンドープＡｌＧａＡｓ層、チャネル層１５は例えばＩｎＧａＡｓ層、スペーサー層１６は例えばアンドープＡｌＧａＡｓ層、供給層１７は例えばｎ型ＩｎＧａＰ層、ショットキー層１８は例えばアンドープＧａＡｓ層からなる。

[0030] 供給層１３，１７は、例えば、Ｓｉのδドープ層からなる。δドープ層とは局所的にドーパント（ここではＳｉ）が高濃度に含まれた領域であり、図１に示すような縮尺の層として存在していない。つまり、図１では、便宜上各層の縮尺を変更し、ウェハ１の積層構造を概略的に示している。

[0031] ＨＥＭＴ構造層２上（ＨＥＭＴ構造層２とＨＢＴ構造層３との間）には、ＨＢＴ構造層３をエッチングする際にエッチングを停止させるための第１ストッパー層１９と、キャップ層２０が順次積層される。

[0032] 本実施形態では、ＩｎＧａＰからなる第１ストッパー層１９を形成した。詳細は後述するが、本実施形態では第２ストッパー層２２を形成するため、第１ストッパー層１９の厚さは５ｎｍ以下と薄くすることができる。

[0033] 第１ストッパー層１９を形成する際には、第１ストッパー層１９成長時の熱によるＨＥＭＴ構造層２の特性劣化を抑制するため、ＨＥＭＴ構造層２の成長温度以下の成長温度とすることが望ましい。なお、本明細書において成長温度とは、成長時の単結晶基板１１の基板温度を意味する。

[0034] ＨＢＴ構造層３は、基本的に、キャップ層２０上に、サブコレクタ層２１、コレクタ層２３、ベース層２４、エミッタ層２５、エミッタコンタクト層２６、ノンアロイ層２７を順次積層して形成される。

[0035] サブコレクタ層２１は例えばｎ型ＧａＡｓ層からなり、コレクタ層２３は例えばｎ型ＧａＡｓ層、ベース層２４は例えばｐ型ＧａＡｓ層、エミッタ層２５は例えばｎ型ＩｎＧａＰ層、エミッタコンタクト層２６は例えばｎ型ＧａＡｓ層、ノンアロイ層２７は例えばｎ型ＩｎＧａＡｓ層からなる。

[0036] ウェハ１では、各層１２～２７は、気相成長法（ＭＯＶＰＥ（Metal Organic Vapor Phase Epitaxy）法）により形成される。

[0037] さて、本実施形態に係るウェハ１では、ＨＢＴ構造層３のベース層２４よりもＨＥＭＴ構造層２側に、ＨＢＴ構造層３をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層２２を形成している。

[0038] 本実施形態では、ＨＢＴ構造層３をエッチングするエッチング液としてアンモニア過水の水溶液を用いるため、第２ストッパー層２２として、アンモニア過水の水溶液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされないものを用いた。

[0039] 具体的には、第２ストッパー層２２としては、ＩｎＧａＰまたはＡｌＡｓからなるものを用いるとよい。本実施形態では、第２ストッパー層２２としてＩｎＧａＰからなるものを用いた。

[0040] また、本実施形態では、サブコレクタ層２１上、すなわちサブコレクタ層２１とコレクタ層２３との間に第２ストッパー層２２を形成した。ただし、これに限らず、サブコレクタ層２１の下層、すなわちキャップ層２０とサブコレクタ層２１との間に第２ストッパー層２２を形成してもよい。また、コレクタ層２３をＩｎＧａＰで形成し、第２ストッパー層２２としての役割を兼ねるようにしてもよい。

[0041] 第２ストッパー層２２の厚さは、２ｎｍ以上であるとよい。これは、第２ストッパー層２２の厚さが２ｎｍ未満であると、エッチングを停止させる効

果が十分に得られなくなるためである。第２ストッパー層２２が厚いほどエッチングを停止させやすくなるが、厚くしすぎると抵抗成分となる異物が発生しやすくなるため、第２ストッパー層２２の厚さは２００ｎｍ以下とすることが望ましい。より好ましくは、第２ストッパー層２２の厚さは、５０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であるとよい。

[0042] ＩｎＧａＰからなる第２ストッパー層２２を用いる場合、第２ストッパー層２２のＡｓ濃度は、$2\times10^{20}cm^{-3}$以下であるとよい。第２ストッパー層２２は、ＨＢＴ構造層３をエッチングした後に、塩酸系のエッチング液で除去されるが、ＩｎＧａＰ中のＡｓ濃度が高くなると、塩酸系のエッチング液で第２ストッパー層２２をエッチングし難くなり、エッチング後に表面が非常にあれた状態となってしまうためである。本発明者らが検討したところ、Ａｓ濃度が$2\times10^{20}cm^{-3}$以下であれば、塩酸：水＝１：１としたエッチング液を用いて容易にエッチングできることが確認された。

[0043] また、第２ストッパー層２２のキャリア濃度は、第２ストッパー層２２の直上に形成されるエピタキシャル層（ここではコレクタ層２３）のキャリア濃度以下であることが望ましい。ここでは、第２ストッパー層２２をアンドープ（ドーピングなし）で形成した。

[0044] また、第２ストッパー層２２のＨＢＴ構造層３をエッチングするエッチング液に対する選択比は、ＧａＡｓの５倍以上であるとよい。本発明者らが検討したところ、第１ストッパー層１９のみを５ｎｍ形成した場合、選択比は５未満であった。全体として選択比を１０以上とすることが望ましく、本実施形態では、第２ストッパー層２２の選択比をＧａＡｓの５倍以上とした。

[0045] ところで、本実施形態のようにストッパー層１９，２２が薄い場合、表面粗さが１ｎｍ以上あると、薄くなっている部分でエッチングが抜けてしまい、エッチングが停止されない場合が考えられる。そのため、ウェハ面内で均一にエッチングを停止させるために、表面粗さは小さいほど好ましいといえる。

[0046] そのため、ウェハ１の表面粗さ（ＲＭＳ）、すなわちＨＢＴ構造層３の表

面粗さ（ＲＭＳ）は、１ｎｍ以下であるとよく、より好ましくは、０．４ｎｍ以下であるとよい。本発明者らが十分なエッチング停止の効果が得られたウェハ１の表面粗さ（ＲＭＳ）を測定したところ０．１～０．４ｎｍであったため、ＨＢＴ構造層３の表面粗さ（ＲＭＳ）を０．４ｎｍ以下とすることで、確実にウェハ面内で均一にエッチングを停止させることが可能であると考えられる。

[0047] 本実施形態では、サブコレクタ層２１上に第２ストッパー層２２を形成しているため、第２ストッパー層２２を形成する際には、サブコレクタ層２１と同じ成長温度として温度変更インターバルが発生しないようにするか、あるいは、サブコレクタ層成長温度より低い温度で成長することで、ＨＥＭＴ構造層２の特性劣化を抑制することが望ましい。つまり、第２ストッパー層２２は、サブコレクタ層２１の成長温度以下で形成することが望ましい。

[0048] ＩｎＧａＰからなる第２ストッパー層２２を用いる場合、第２ストッパー層２２を形成する際の成長温度をサブコレクタ層２１の成長温度よりも低くするほど、第２ストッパー層２２のバンドギャップが高くなる。第２ストッパー層２２のバンドギャップが１．８９ｅＶ程度になるまで成長温度を下げると、温度変更インターバルが長くなってＨＥＭＴ構造層２への熱負荷が大きくなり、ＨＥＭＴ構造層２の移動度が低下するなど特性劣化のおそれがある。よって、第２ストッパー層２２の成長温度は、第２ストッパー層２２のバンドギャップが１．８９ｅＶ以下、より好ましくは１．８４～１．８９ｅＶとなる成長温度とすることが望ましい。

[0049] 以上説明したように、本実施形態に係るウェハ１では、ＨＢＴ構造層３のベース層２４よりもＨＥＭＴ構造層２側に、ＨＢＴ構造層３をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層２２を形成している。

[0050] 第２ストッパー層２２を形成することで、第１ストッパー層１９を例えば厚さ５ｎｍ以下と薄くした場合であっても、ストッパー層１９，２２全体として大きい選択比を確保し、ＨＢＴ構造層３をエッチングする際にストッパ

一層１９，２２にてエッチングを十分に停止させることが可能になる。

[0051] 本実施形態では、各ストッパー層１９，２２を薄くすることが可能になるため、ストッパー層１９，２２が抵抗層となって問題が生じることを抑制でき、ストッパー層１９，２２にＩｎＧａＰを用いた場合であっても、界面チャージの発生による抵抗層の発生を抑制できる。また、ストッパー層１９，２２を薄くすることにより、抵抗成分となる異物の発生も抑制でき、ストッパー層１９，２２の除去も容易になる。

[0052] また、本実施形態では、第２ストッパー層２２をサブコレクタ層２１の成長温度以下で形成しているため、第２ストッパー層２２を成長させる際のＨＥＭＴ構造層２への熱負荷の増大を抑制でき、ＨＥＭＴ構造層２の特性劣化を抑制できる。

[0053] 本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加え得ることは勿論である。

実施例

[0054] 図１において、アンドープＩｎＧａＰからなる厚さ２０ｎｍの第２ストッパー層２２を形成した実施例１のウェハ１を作成した。第１ストッパー層１９にはＩｎＧａＰを用い、厚さは５ｎｍとした。

[0055] また、図１において、アンドープＩｎＧａＰからなる厚さ１００ｎｍの第２ストッパー層２２を形成した実施例２のウェハ１を作成した。第１ストッパー層１９にはＩｎＧａＰを用い、厚さは５ｎｍとした。

[0056] また、図１において、アンドープＡＩＡｓからなる厚さ２ｎｍの第２ストッパー層２２を形成した実施例３のウェハ１を作成した。第１ストッパー層１９にはＩｎＧａＰを用い、厚さは５ｎｍとした。

[0057] さらに、比較のため、第２ストッパー層２２を省略した以外は実施例１～３と同じ構造の従来例のウェハを作成した。

[0058] 作成した実施例１～３および従来例のウェハを用いて、アンモニア過水の水溶液によりエッチングをした際のエッチング選択比とエッチング後の抵抗値の規格値との関係を実験により求めた。結果を図２に示す。なお、図２に

おける縦軸の値は、エッチング後の抵抗値を、第１ストッパー層１９が露出された時点での抵抗値で割った規格値であり、この値が１より高くなるほど、第１ストッパー層１９におけるエッチング停止効果が失われ、ショットキー層１８以下のＨＥＭＴ構造層２がエッチングされてしまっていることを表している。

[0059] 図２に示すように、従来例のウェハでは、第１ストッパー層１９でエッチングを停止させることが困難であり、選択比は５未満であった。

[0060] これに対して、実施例１，２のウェハ１では、選択比は２０以上となり、第１ストッパー層１９でエッチングを停止させる効果が十分に得られていることが分かる。実施例３のウェハ１では、縦軸の規格値が１を若干超えているものの、従来例と比較して、エッチングを停止させる効果が十分に得られていることが分かる。

[0061] 以上の結果より、第２ストッパー層２２を形成することで、選択比を向上させ、第１ストッパー層１９でエッチングを停止させる効果を向上できることが確認できた。

請求の範囲

[請求項1] 単結晶基板と、

前記単結晶基板上に形成され、最上層にＧａＡｓからなるショットキー層が形成された高電子移動度トランジスタ構造層と、

前記高電子移動度トランジスタ構造層上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタ構造層と、

前記高電子移動度トランジスタ構造層とヘテロバイポーラトランジスタ構造層との間に形成され、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングする際にエッチングを停止させるための第１ストッパー層と、

を備えたIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハにおいて、

前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層のベース層よりも前記高電子移動度トランジスタ構造層側に、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層を形成した

ことを特徴とするIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項2] 前記エッチング液がアンモニア過水の水溶液であり、

前記第２ストッパー層として、アンモニア過水の水溶液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされないものを用いた

請求項１記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項3] 前記第２ストッパー層が、ＩｎＧａＰまたはＡｌＡｓからなり、

前記第２ストッパー層の厚さが２ｎｍ以上である

請求項１または２記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項4] 前記第２ストッパー層の厚さが５０ｎｍ以上２００ｎｍ以下である

請求項３記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項5] 前記第２ストッパー層が、ＩｎＧａＰからなり、

前記第２ストッパー層のＡｓ濃度が２×１０^{20}ｃｍ$^{-3}$以下である

請求項１～４いずれかに記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項6] 前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層の表面粗さ（ＲＭＳ）が１ｎｍ以下である

請求項１～５いずれかに記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項7] 前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層の表面粗さ（ＲＭＳ）が０．４ｎｍ以下である

請求項６記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項8] 前記第２ストッパー層のキャリア濃度は、前記第２ストッパー層の直上に形成されるエピタキシャル層のキャリア濃度以下である

請求項１～７いずれかに記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項9] 前記第２ストッパー層の前記エッチング液に対するエッチング選択比が、ＧａＡｓの５倍以上である

請求項１～８いずれかに記載のIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハ。

[請求項10] 単結晶基板と、

前記単結晶基板上に形成され、最上層にＧａＡｓからなるショットキー層が形成された高電子移動度トランジスタ構造層と、

前記高電子移動度トランジスタ構造層上に形成されたヘテロバイポーラトランジスタ構造層と、

前記高電子移動度トランジスタ構造層とヘテロバイポーラトランジスタ構造層との間に形成され、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングする際にエッチングを停止させるための第１ストッパー層と、

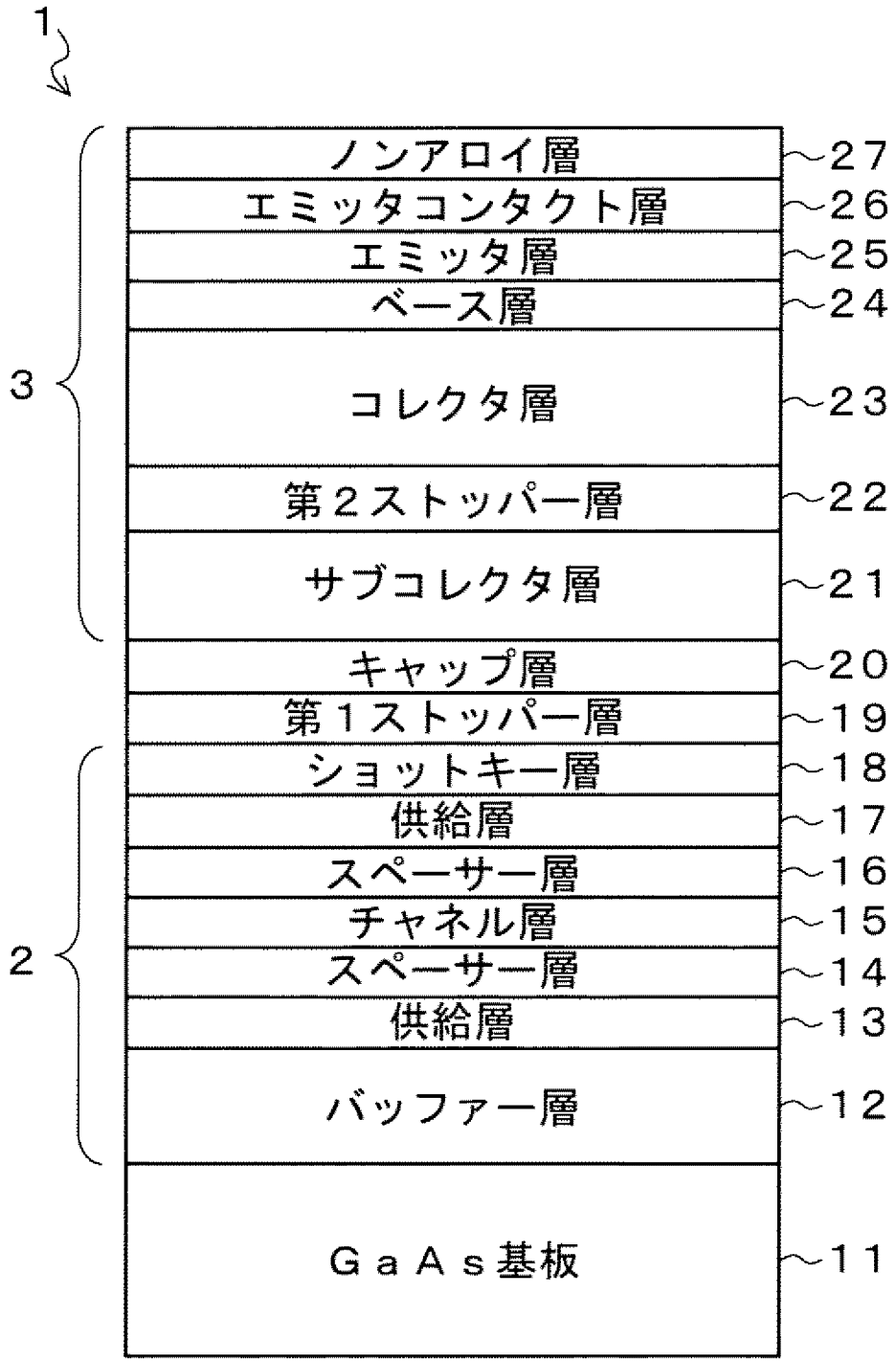
を備えたIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハの製造方法において、

前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層のベース層よりも前記高電子移動度トランジスタ構造層側に形成されたサブコレクタ層上に、前記ヘテロバイポーラトランジスタ構造層をエッチングするエッチング液に対して、ＧａＡｓよりもエッチング選択比が高い、もしくはエッチングされない第２ストッパー層を形成し、

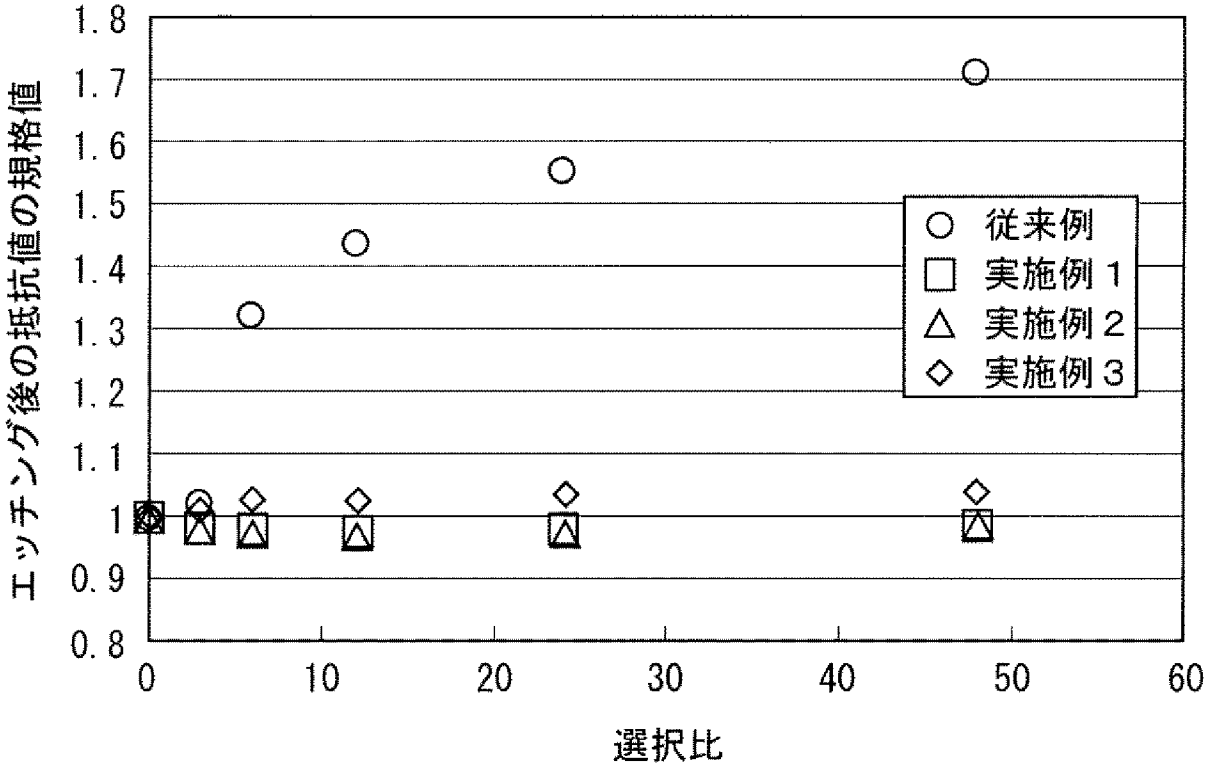
前記第２ストッパー層を、前記サブコレクタ層の成長温度以下で形成する

ことを特徴とするIII-V族化合物半導体エピタキシャルウェハの製造方法。

[図1]


1
3
2
ノンアロイ層
27
エミッタコンタクト層
26
エミッタ層
25
ベース層
24
コレクタ層
23
第２ストッパー層
22
サブコレクタ層
21
キャップ層
20
第１ストッパー層
19
ショットキー層
18
供給層
17
スペーサー層
16
チャネル層
15
スペーサー層
14
供給層
13
バッファー層
12
ＧａＡｓ基板
11

[図2]


エッチング後の抵抗値の規格値
1.8
1.7
1.6
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1
0.9
0.8
0
10
20
30
40
50
60
選択比
従来例
実施例１
実施例２
実施例３

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/050696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/8222(2006.01)i, *H01L21/306*(2006.01)i, *H01L21/308*(2006.01)i, *H01L21/331*(2006.01)i, *H01L21/338*(2006.01)i, *H01L21/8248*(2006.01)i, *H01L27/06*(2006.01)i, *H01L27/095*(2006.01)i, *H01L29/737*(2006.01)i,
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/8222, H01L21/306, H01L21/308, H01L21/331, H01L21/338, H01L21/8248, H01L27/06, H01L27/095, H01L29/737, H01L29/778, H01L29/812

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2012-9594 A (Renesas Electronics Corp.), 12 January 2012 (12.01.2012), paragraphs [0019] to [0049]; fig. 1, 2 & US 2011/0316050 A1 paragraphs [0042] to [0072]; fig. 1, 2 & CN 102299151 A	1 2-10
Y	JP 2003-197627 A (New Japan Radio Co., Ltd.), 11 July 2003 (11.07.2003), paragraph [0021] (Family: none)	2-10
Y	JP 2007-235062 A (Hitachi Cable Ltd.), 13 September 2007 (13.09.2007), paragraphs [0068], [0069] (Family: none)	8-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 April 2016 (07.04.16)	19 April 2016 (19.04.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/050696

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
(International Patent Classification (IPC))

H01L29/778(2006.01)i, *H01L29/812*(2006.01)i

(According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５０６９６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/8222(2006.01)i, H01L21/306(2006.01)i, H01L21/308(2006.01)i, H01L21/331(2006.01)i, H01L21/338(2006.01)i, H01L21/8248(2006.01)i, H01L27/06(2006.01)i, H01L27/095(2006.01)i, H01L29/737(2006.01)i, H01L29/778(2006.01)i, H01L29/812(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/8222, H01L21/306, H01L21/308, H01L21/331, H01L21/338, H01L21/8248, H01L27/06, H01L27/095, H01L29/737, H01L29/778, H01L29/812

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	JP 2012-9594 A (ルネサスエレクトロニクス株式会社) 2012.01.12, 0019段落ないし0049段落、図1及び図2 & US 2011/0316050 A1, 0042段落ないし0072段落、図1及び図2 & CN 102299151 A	1 2-10
Y	JP 2003-197627 A (新日本無線株式会社) 2003.07.11, 0021段落 (ファミリーなし)	2-10
Y	JP 2007-235062 A (日立電線株式会社) 2007.09.13, 0068段落及び0069段落 (ファミリーなし)	8-10

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０７．０４．２０１６	国際調査報告の発送日 １９．０４．２０１６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｆ　９３６１ 棚田　一也 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５１６