

(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9月29日(29.09.2016)

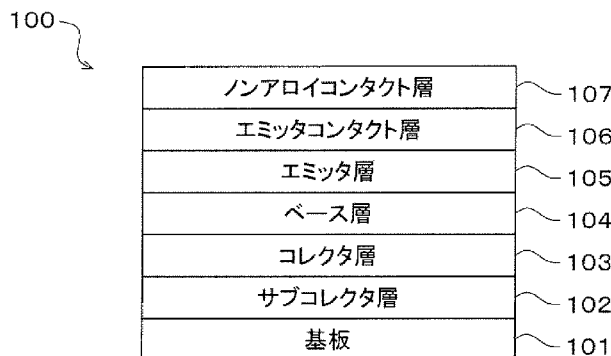


(10) 国際公開番号
WO 2016/152195 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/331 (2006.01) *H01L 29/737* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050697
- (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 2015-064409 2015年3月26日(26.03.2015) 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: 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). 藤生 真二郎(FUJIO Shinjiro); 〒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.
- (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))

(54) Title: EPITAXIAL WAFER FOR HETERO-JUNCTION BIPOLAR TRANSISTOR, AND HETERO-JUNCTION BIPOLAR TRANSISTOR

(54) 発明の名称: ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ及びヘテロ接合バイポーラトランジスタ



- 101 Substrate
102 Sub-collector layer
103 Collector layer
104 Base layer
105 Emitter layer
106 Emitter contact layer
107 Non-alloy contact layer

(57) Abstract: Provided are: an epitaxial wafer for hetero-junction bipolar transistors, said epitaxial wafer making it possible to reduce the resistance of a sub-collector layer without reducing a current amplification factor; and a hetero-junction bipolar transistor. In a hetero-junction bipolar transistor epitaxial wafer 100 that is provided with a sub-collector layer 102 formed of an n-type GaAs, the sub-collector layer 102 contains an n-type impurity having a smaller covalent radius than a substitution site, and an n-type impurity having a larger covalent radius than the substitution site.

(57) 要約: 電流増幅率を低下させること無しにサブコレクタ層の抵抗を低下させることが可能なヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ及びヘテロ接合バイポーラトランジスタを提供する。 n型GaAsからなるサブコレクタ層102を備えるヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ100において、サブコレクタ層102は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物とを含有しているものである。

明 細 書

発明の名称：

ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ及びヘテロ接合バイポーラトランジスタ

技術分野

[0001] 本発明は、化合物半導体素子用エピタキシャルウェハ及び化合物半導体素子に係り、特に、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ及びヘテロ接合バイポーラトランジスタに関する。

背景技術

[0002] ヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT；Heterojunction Bipolar Transistor）は、低歪で超高速動作が可能であり、主に携帯電話や無線ローカルエリアネットワーク（LAN；Local Area Network）等における送信部の高周波パワーアンプ（PA；Power Amplifier）として使用されている。

[0003] ヘテロ接合バイポーラトランジスタは、例えば、半絶縁性GaAsからなる基板上に形成されると共にn型GaAsからなり、外部に電流を取り出すためのサブコレクタ層と、サブコレクタ層上に形成されると共にアンドープ型GaAsやn型GaAsからなり、電子を集めるためのコレクタ層と、コレクタ層上に形成されると共にp型GaAsからなり、電子の流れを制御するためのベース層と、ベース層上に形成されると共にn型InGaPからなり、電子を放射するためのエミッタ層と、エミッタ層上に形成されると共にn型GaAsやn型InGaAsからなり、外部から電流を注入するためのエミッタコンタクト層と、を備える薄膜多層構造となっている。

[0004] この薄膜多層構造は、有機金属気相成長（MOVPE；Metal Organic Vapor Phase Epitaxy、又はMOCVD；Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法や分子線成長（MBE；Molecular Beam Epitaxy）法等の方法により形成することができる。

[0005] このうち、有機金属気相成長法は、固体又は液体の有機金属原料を加熱し

てガス化させると共に所定の温度まで昇温させた基板上に供給することにより、これを基板上で熱分解乃至化学反応させて基板上に薄膜結晶をエピタキシャル成長させる方法である。

[0006] また、分子線成長法は、超真空中で薄膜結晶の構成元素のそれぞれを別々のルツボから蒸発させると共に分子線の形で所定の温度まで昇温させた基板上に供給することにより、基板上に薄膜結晶をエピタキシャル成長させる方法である。

[0007] 但し、分子線成長法は、超真空環境が要求されることから、蒸気圧の高いP系のエピタキシャル成長が不得手であり、n型InGaPからなるベース層をエピタキシャル成長させる必要のあるヘテロ接合バイポーラトランジスタの場合、専ら有機金属気相成長法が採用されている。

[0008] これらの方法により、基板上に薄膜多層構造がエピタキシャル成長されるヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハが完成し、その後のパターン形成、エッチング、電極（エミッタ電極、ベース電極、及びコレクタ電極）形成、保護膜形成、及びパッケージング等の加工工程を経てヘテロ接合バイポーラトランジスタが完成する。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2004-207548号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] スマートフォン等の高性能携帯端末では、近年のマルチバンド化の進展に伴い多数の高周波パワーアンプが使用されていることから、高周波パワーアンプとして使用されているヘテロ接合バイポーラトランジスタの電気使用効率を向上させて消費電力を低減することにより、電池の持続性を確保することが非常に重要となってきている。

[0011] ヘテロ接合バイポーラトランジスタの電気使用効率を向上させて消費電力

を低減するためには、ターンオン電圧やオン抵抗を低減することが必須となる。ヘテロ接合バイポーラトランジスタは、構造上、ベース層やベース電極をエッチング等で除去して露出させたサブコレクタ層上にコレクタ電極を形成する必要があるため、サブコレクタ層は、基板平面方向に沿って長距離導電路が必要となる。

[0012] よって、サブコレクタ層のキャリア濃度を増加させて抵抗を低下させることは、正にオン抵抗の低減に繋がるが、サブコレクタ層のキャリア濃度を増加させ過ぎると、電流増幅率が低下してしまい、必要十分なゲインが得られなくなるという問題がある。

[0013] そこで、本発明の目的は、電流増幅率を低下させること無しにサブコレクタ層の抵抗を低下させることが可能なヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ及びヘテロ接合バイポーラトランジスタを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] この目的を達成するために創案された本発明は、 n 型GaAsからなるサブコレクタ層を備えるヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハにおいて、前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物とを含有しているヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハである。

[0015] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の不純物濃度（B）との合計（A）＋（B）が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であると良い。

[0016] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の不純物濃度（B）との比（A）／（B）が2以上5以下であると良い。

[0017] また、本発明は、 n 型GaAsからなるサブコレクタ層を備えるヘテロ接

合バイポーラトランジスタにおいて、前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物とを含有しているヘテロ接合バイポーラトランジスタである。

[0018] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度（B）との合計（A）＋（B）が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であると良い。

[0019] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度（B）との比（A）／（B）が2以上5以下であると良い。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係るヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハの構造を示す概略図である。

[図2]本発明に係るヘテロ接合バイポーラトランジスタの構造を示す概略図である。

[図3]サブコレクタ層における不純物濃度の合計と電流増幅率との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面にしたがって説明する。

[0022] 図1に示すように、本発明の好適な実施の形態に係るヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ100は、半絶縁性GaAsからなる基板101と、基板101上に形成されると共にn型GaAsからなるサブコレクタ層102と、サブコレクタ層102上に形成されると共にn型GaAsからなるコレクタ層103と、コレクタ層103上に形成されると共にp型GaAsからなるベース層104と、ベース層104上に形成されると共にn型InGaPからなるエミッタ層105と、エミッタ層105上に形成されると共にn型GaAsからなるエミッタコンタクト層106と、エ

ミッタコンタクト層 106 上に形成されると共に n 型 $In_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$) からなるノンアロイコンタクト層 107 と、を備えている。

[0023] このヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ 100 では、サブコレクタ層 102 は、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物とを含有している。

[0024] 置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物としては、例えば、 Si (Ga サイト)、 Se (As サイト)、又は S (As サイト) が挙げられる。また、置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物としては、例えば、 Sn (Ga サイト)、又は Te (As サイト) が挙げられる。

[0025] 置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の組み合わせとしては、例えば、 Si と Sn の組み合わせ、 Si と Te の組み合わせ、 Se と Te の組み合わせ、 Se と Sn の組み合わせ、 S と Te の組み合わせ、又は S と Sn の組み合わせが考えられる。また、 Si と Sn と Te の組み合わせのような 3 種類以上の組み合わせであっても良い。

[0026] なお、有機金属気相成長法を使用してサブコレクタ層 102 をエピタキシャル成長させる際には、例えば、 n 型不純物が Si のときは原料として SiH_4 や Si_2H_6 を使用し、 n 型不純物が Se のときは原料として H_2Se を使用し、 n 型不純物が S のときは原料として $(CH_3)_2S$ 、 $(C_2H_5)_2S$ 、 $(C_4H_9S)_2$ 、又は H_2S を使用し、 n 型不純物が Sn のときは原料として $(CH_3)_4Sn$ や $(C_2H_5)_4Sn$ を使用し、 n 型不純物が Te のときは原料として $(CH_3)_2Te$ や $(C_2H_5)_2Te$ を使用する。

[0027] このヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ 100 にいくつかの加工工程を施し、図 2 に示すように、エミッタ電極 201、ベース電極 202、及びコレクタ電極 203 を形成することにより、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ 200 を作製することができる。

[0028] ここで、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ 10

0において、サブコレクタ層102が置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の二種類を含有している理由を説明する。

[0029] 通常、n型GaAsからなるサブコレクタ層はn型不純物を一種類だけ含有しているが、例えば、サブコレクタ層がn型不純物としてSiを含有している場合、Siは共有結合半径が置換位置のGaよりも小さいため、Siを高濃度に添加すると、薄膜結晶中に引張応力が働き、空孔欠陥が発生し易い。その上、Siをより高濃度に添加すると、空孔欠陥がベース層まで伝播し、その結果として、電流増幅率を低下させていると推測される。

[0030] そこで、本発明者等は、鋭意検討の結果、例えば、Siに加えてSnをサブコレクタ層に添加することで、置換位置のGaに対して共有結合半径が小さいSiによる空孔欠陥を、置換位置のGaに対して共有結合半径が大きいSnで補償し、薄膜結晶中の引張応力を大幅に低下させることに思い至った。

[0031] これにより、サブコレクタ層にn型不純物を高濃度に添加しても歪の極めて少ない、結晶状態の良好な薄膜結晶が得られるようになり、電流増幅率の低下を抑制することが可能となる。

[0032] 従って、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ100においては、サブコレクタ層102が置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の二種類を含有している旨を規定した。

[0033] また、サブコレクタ層102は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度(A)と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度(B)との合計(A)+(B)が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下、より好ましくは $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが望ましい。

[0034] 置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度(A)と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度(B)との

合計 (A) + (B) が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 未満であると、サブコレクタ層 102 のキャリア濃度を従来よりも増加させることができず、サブコレクタ層 102 の抵抗を従来よりも低下させることができないからである。

[0035] また、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物の不純物濃度 (A) と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の不純物濃度 (B) との合計 (A) + (B) が $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 超であると、サブコレクタ層 102 を構成する GaAs に対する不純物の固溶限界に近づくため、それ以上の濃度で不純物を添加することが困難となるからである。また、固溶限界に達しなくても、高濃度にドーピングすると、欠陥を生成してキャリアを補償する力が働くので、効果が得られなくなる。

[0036] また、サブコレクタ層 102 は、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物の不純物濃度 (A) と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の不純物濃度 (B) との比 (A) / (B) が 2 以上 5 以下、より好ましくは 2 以上 3 以下であることが望ましい。

[0037] 前記の通り、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物として、例えば、Si (Ga サイト)、Se (As サイト)、又は S (As サイト)、置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物として、例えば、Te (As サイト) を採用することが考えられる。しかし、Se の原料である H_2Se や Te の原料である $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Te}$ は、Si の原料である SiH_4 や S の原料である $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ と比較して添加効率の良い成長温度が大きく異なるので、これらの原料の組み合わせを採用する場合は、上記の不純物濃度の合計 (A) + (B) になるべく大きくなり、かつ比 (A) / (B) が上記数値範囲内に収まるような成長温度を選ぶと良い。

[0038] なお、これらの n 型不純物原料を採用した場合であっても、置換サイトよりも共有結合半径が小さい n 型不純物の不純物濃度 (A) と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の不純物濃度 (B) との合計 (A) + (B) が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度、かつ比 (A) / (B) が 2 以上 5 以下となるものが作製可能であり、小さいながらも本発明の効果をえられる。

[0039] これにより、サブコレクタ層 102 におけるキャリア濃度の増加と電流増幅率の低下のバランスを最も良く取ることができ、飛躍的に大きな効果を得ることが可能となる。

[0040] 高性能携帯端末の高周波パワーアンプのみならず、従来は高電子移動度トランジスタ (HEMT ; High Electron Mobility Transistor) の使用が多かった Wi-Fi 向けの低出力パワーアンプにも、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ 200 を使用することが可能となる。

[0041] 以上の通り、本発明によれば、電流増幅率を低下させること無しにサブコレクタ層の抵抗を低下させることが可能なヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ及びヘテロ接合バイポーラトランジスタを提供することができる。

実施例

[0042] 以下、本発明における数値限定の根拠を説明する。

[0043] 有機金属気相成長法により、 n 型 GaAs からなるサブコレクタ層と、 n 型 GaAs からなるコレクタ層と、 p 型 GaAs からなるベース層と、 n 型 InGaP からなるエミッタ層と、 n 型 GaAs からなるエミッタコンタクト層と、 n 型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x < 1$) からなるノンアロイコンタクト層と、を半絶縁性 GaAs からなる基板上に順にエピタキシャル成長させてヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハを作製した。

[0044] このとき、添加効率の良い成長温度が同程度である n 型不純物原料の組み合わせとして Si (Si_2H_6) と Sn ($(\text{CH}_3)_4\text{Sn}$) を使用した。そして、Si の不純物濃度と Sn の不純物濃度との比を変更して、これらの不純物濃度の合計が異なる複数枚のヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハを作製した。

[0045] その後、これらのヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハにいくつかの加工工程を施すことにより、ヘテロ接合バイポーラトランジスタを作製した。

[0046] これらのヘテロ接合バイポーラトランジスタについて、サブコレクタ層に

おける不純物濃度の合計と電流増幅率との関係を調査した。

[0047] その結果、図3に示すように、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度(A)と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度(B)との合計(A)+(B)が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度(A)と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度(B)との比(A)/(B)が2以上5以下であれば、サブコレクタ層の抵抗を下げつつ、電流増幅率の低下を抑制することができ、本発明の効果を発揮できることが確認された。

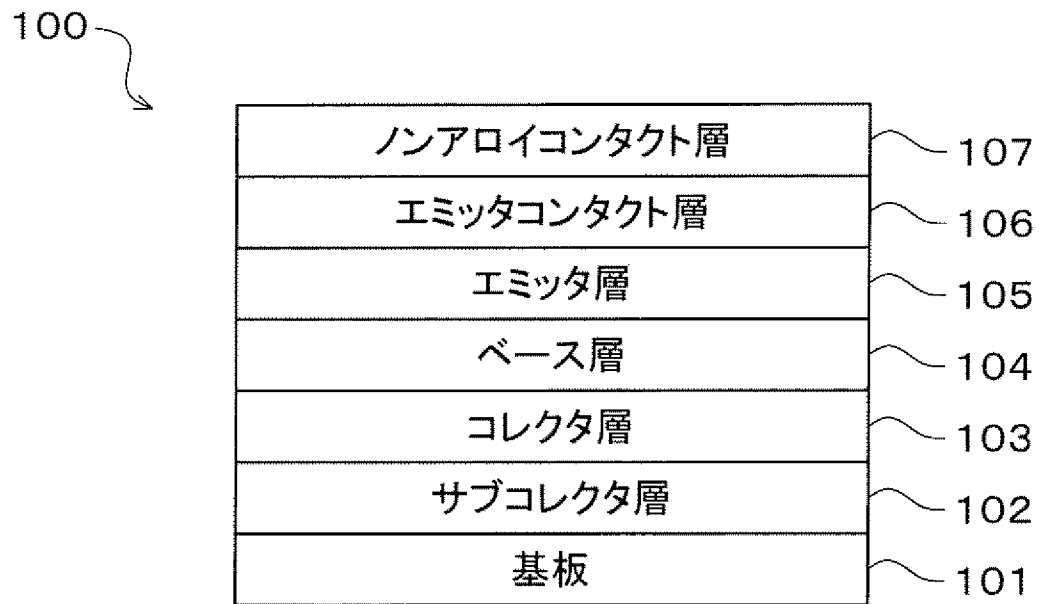
[0048] また、S_iとS_n以外の組み合わせであっても、サブコレクタ層の抵抗を下げつつ、電流増幅率の低下を抑制することができ、本発明の効果を発揮できることが確認された。

請求の範囲

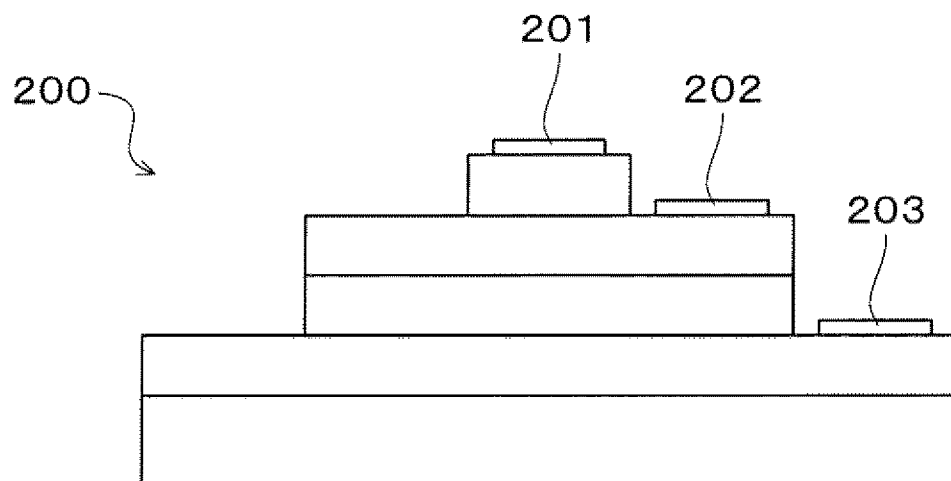
- [請求項1] n型GaAsからなるサブコレクタ層を備えるヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハにおいて、
- 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物とを含有していることを特徴とするヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ。
- [請求項2] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度（B）との合計（A）＋（B）が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下である請求項1に記載のヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ。
- [請求項3] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度（B）との比（A）／（B）が2以上5以下である請求項1又は2に記載のヘテロ接合バイポーラトランジスタ用エピタキシャルウェハ。
- [請求項4] n型GaAsからなるサブコレクタ層を備えるヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、
- 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物とを含有していることを特徴とするヘテロ接合バイポーラトランジスタ。
- [請求項5] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きいn型不純物の不純物濃度（B）との合計（A）＋（B）が $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下である請求項4に記載のヘテロ接合バイポーラトランジスタ。
- [請求項6] 前記サブコレクタ層は、置換サイトよりも共有結合半径が小さいn

型不純物の不純物濃度（A）と置換サイトよりも共有結合半径が大きい n 型不純物の不純物濃度（B）との比（A）／（B）が 2 以上 5 以下である請求項 4 又は 5 に記載のヘテロ接合バイポーラトランジスタ。

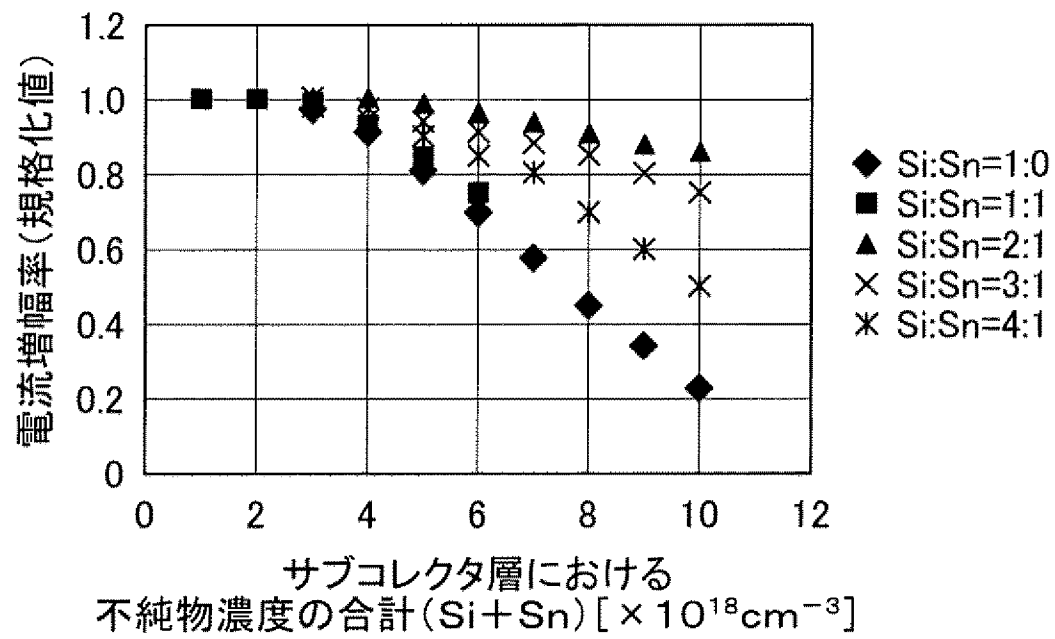
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/050697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/331(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)

H01L21/331, H01L29/737

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.
Y A	JP 2003-303825 A (Sumitomo Chemical Co., Ltd.), 24 October 2003 (24.10.2003), paragraphs [0004] to [0008], [0031] to [0042]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 2, 4, 5 3, 6
Y A	OHNO, Takeo et al., Sidewall GaAs tunnel junctions fabricated using molecular layer epitaxy, SCIENCE AND TECHNOLOGY OF ADVANCED MATERIALS, 2012.02.02, Volume 13, 013002	1, 2, 4, 5 3, 6

☒ 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
24 March 2016 (24.03.16)

Date of mailing of the international search report
05 April 2016 (05.04.16)

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/JP2016/050697

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-172582 A (Sharp Corp.), 17 June 2004 (17.06.2004), paragraphs [0048] to [0052]; fig. 1 & EP 1416539 A2 paragraphs [0056] to [0060]; fig. 1A to 1C & US 2004/0089875 A1 & DE 60312102 D & TW 200416896 A & KR 10-2004-0038855 A	1-6
A	JP 2013-21024 A (Hitachi Cable Ltd.), 31 January 2013 (31.01.2013), paragraphs [0027] to [0031], [0041]; fig. 1 & US 2013/0009212 A1 paragraphs [0052] to [0070], [0084]; fig. 1	1-6
A	US 2012/0326211 A1 (STEVENS, P. Kevin), 27 December 2012 (27.12.2012), paragraphs [0008] to [0012], [0020], [0023]; fig. 1 & CN 102842578 A & TW 201301481 A	1-6
A	US 2007/0090399 A1 (CHIN, Yu-Chung), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0019] to [0025]; fig. 2a to 2c (Family: none)	1-6
A	JP 2000-323491 A (NEC Corp.), 24 November 2000 (24.11.2000), paragraphs [0012], [0020]; fig. 1 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/331(2006.01)i, H01L29/737(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. H01L21/331, H01L29/737

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
Y	JP 2003-303825 A (住友化学工業株式会社) 2003.10.24, 段落 [0004]-[0008], [0031]-[0042], 第1-4図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5
A		3, 6
Y	OHNO, Takeo et al., Sidewall GaAs tunnel junctions fabricated using molecular layer epitaxy, SCIENCE AND TECHNOLOGY OF ADVANCED MATERIALS, 2012.02.02, Volume 13, 013002	1, 2, 4, 5
A		3, 6

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

24.03.2016

国際調査報告の発送日

05.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

須原 宏光

5 F

6311

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 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
A	JP 2004-172582 A (シャープ株式会社) 2004.06.17, 段落 [0048]-[0052], 第1図 & EP1416539 A2, 段落[0056]-[0060], 図1A-1C & US 2004/0089875 A1 & DE 60312102 D & TW 200416896 A & KR 10-2004-0038855 A	1-6
A	JP 2013-21024 A (日立電線株式会社) 2013.01.31, 段落 [0027]-[0031], 段落[0041], 第1図 & US 2013/0009212 A1, 段落[0052]-[0070], 段落[0084], 図1	1-6
A	US 2012/0326211 A1 (STEVENS, P. Kevin) 2012.12.27, 段落 [0008]-[0012], 段落[0020], 段落[0023], 図1 & CN 102842578 A & TW 201301481 A	1-6
A	US 2007/0090399 A1 (CHIN, Yu-Chung) 2007.04.26, 段落 [0019]-[0025], 図2a-2c (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2000-323491 A (日本電気株式会社) 2000.11.24, 段落[0012], 段 落[0020], 第1図 (ファミリーなし)	1-6