

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6392128号
(P6392128)

(45) 発行日 平成30年9月19日 (2018.9.19)

(24) 登録日 平成30年8月31日 (2018.8.31)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/331 (2006.01)

H O 1 L 29/72 H

H O 1 L 29/737 (2006.01)

H O 1 L 29/50 B

H O 1 L 29/417 (2006.01)

H O 1 L 21/28 3 O 1 B

H O 1 L 21/28 (2006.01)

H O 1 L 21/28 3 O 1 R

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-3197 (P2015-3197)
 (22) 出願日 平成27年1月9日 (2015.1.9)
 (65) 公開番号 特開2015-135966 (P2015-135966A)
 (43) 公開日 平成27年7月27日 (2015.7.27)
 審査請求日 平成29年12月25日 (2017.12.25)
 (31) 優先権主張番号 14/157,096
 (32) 優先日 平成26年1月16日 (2014.1.16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 599034594
 コーボ ユーエス、インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国オレゴン州97124・ヒ
 ルスボロ・ノースイーストブルックウッド
 パークウェイ 2300
 2300 NE Brookwood P
 arkway, Hillsboro, Or
 egon 94124, U. S. A.
 (74) 代理人 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (72) 発明者 ヘンダーソン、ティモシー エス.
 アメリカ合衆国オレゴン州97124・ヒ
 ルスボロ・ノースイーストブルックウッド
 パークウェイ 2300

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用のエミッタコンタクトエピタキシャル構造およびオーミックコンタクト形成

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガリウム砒素 (GaAs) ベース層と、
 前記 GaAs ベース層の上に形成されるインジウムガリウム燐 (InGaP) エミッタ層と、

インジウムガリウム砒素 (InGaAs) 層と、前記 InGaAs 層の上に形成される拡散制御層とを含み、前記 InGaP エミッタ層の上に形成されるエミッタエピタキシャル構造と、

前記 GaAs ベース層および前記 InGaP エミッタ層の少なくとも一方に結合されるベースコンタクトと、

第1材料と第2材料とが交互に積層された層を有する超格子構造を備え、前記拡散制御層に結合されるエミッタコンタクトと、を備える装置。

【請求項 2】

前記ベースコンタクトおよび前記エミッタコンタクトは、共通メタライズ構造を有する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記共通メタライズ構造は、

第1白金 (Pt) 層と、

前記第1Pt層の上に形成されるチタン (Ti) 層と、

前記Ti層の上に形成される第2白金 (Pt) 層と、

前記第 2 P t 層の上に形成される金 (A u) 層と、
を備える請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記エミッタコンタクトの前記第 1 P t 層は、前記拡散制御層を通じて前記 I n G a A s 層の一部まで延びる請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記拡散制御層は、I n G a P、G a A s、インジウム燐 (I n P)、インジウムアルミニウム砒素 (I n A l A s)、アルミニウムガリウム砒素 (A l G a A s) および I n G a A s の少なくとも一つを備える請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記拡散制御層は、約 3 0 0 ~ 5 0 0 の厚さを有する I n G a P 層である請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記拡散制御層は、前記 I n G a P エミッタ層の厚さにほぼ等しい厚さを有する I n G a P 層である請求項 5 に記載の装置。

【請求項 8】

前記第 1 材料は、I n G a A s であり、

前記第 2 材料は、G a A s、インジウム燐 (I n P)、インジウムアルミニウム砒素 (I n A l A s)、I n G a P およびアルミニウムガリウム砒素 (A l G a A s) の一つである請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

前記超格子構造は、少なくとも 3 周期を含み、各周期は、約 2 0 ~ 1 0 0 の厚さを有する前記第 1 材料の層と、約 2 0 ~ 1 0 0 の厚さを有する前記第 2 材料の層とを備える請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 0】

前記エミッタエピタキシャル構造は、

前記 I n G a P エミッタ層の上に形成される G a A s 層と、

前記 G a A s 層の上に形成される傾斜 I n G a A s 層と、をさらに備え、

前記 I n G a A s 層は、前記傾斜 I n G a A s 層の上に形成される請求項 1 に記載の装置。

【請求項 1 1】

無線周波数 (R F) 信号を送信および受信するトランシーバと、

前記トランシーバ内に組み込まれ、または、前記トランシーバに結合されるヘテロ接合バイポーラトランジスタ (H B T) と、を備え、

前記 H B T は、

ガリウム砒素 (G a A s) ベース層と、

前記 G a A s ベース層の上に形成されるインジウムガリウム燐 (I n G a P) エミッタ層と、

インジウムガリウム砒素 (I n G a A s) 層と、前記 I n G a A s 層の上に形成される拡散制御層とを含み、前記 I n G a P エミッタ層の上に形成されるエミッタエピタキシャル構造と、

前記 G a A s ベース層および前記 I n G a P エミッタ層の少なくとも一方に結合されるベースコンタクトと、

第 1 材料と第 2 材料とが交互に積層された層を有する超格子構造を備え、前記拡散制御層に結合されるエミッタコンタクトと、を含むシステム。

【請求項 1 2】

パワー増幅器およびパワーコンディショナの少なくとも一方をさらに備え、パワー増幅器およびパワーコンディショナの少なくとも一方が前記 H B T を含む請求項 1 1 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施の形態は、広く集積回路およびヘテロ接合バイポーラトランジスタに関し、特に、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ用のエミッタコンタクトエピタキシャル構造およびオーミックコンタクト形成に関する。

【背景技術】

【0002】

ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)は、一般に、エミッタコンタクトおよび/またはベースコンタクトと、その下に位置するエピタキシャル層との間にオーミックコンタクトを用いる。このオーミックコンタクトは、低抵抗および顕著な熱安定性を示すことが好ましい。ガリウム砒素(GaAs)ベースのHBTにおけるエミッタコンタクトにおいて、コンタクトメタルとn+インジウムガリウム砒素(InGaAs)の間の十分な接触を確保することにより低抵抗が実現されう。熱安定性は、半導体エピタキシャル構造へのコンタクトメタルの拡散を制御および/または制限することにより改善されう。

10

【0003】

伝統的に、エミッタコンタクトでは、ベースコンタクトと比較して異なるメタライズ手法を利用することが必要とされてきた。両種類のコンタクトにて低抵抗および熱安定性を実現するためである。これは、エミッタコンタクトとベースコンタクトを形成するために別々の製造工程を必要としう。

20

【図面の簡単な説明】

【0004】

添付の図面とともに以下の詳細な説明を読むことによって、実施の形態は容易に理解されるであろう。この説明を容易にするために、同様の参照符号は同様の構造的要素を指し示す。添付の図面において実施の形態は例示として示され、限定を目的としない。

【0005】

【図1】様々な実施の形態に係るエピタキシャル構造を概略的に示す図である。

【0006】

【図2】様々な実施の形態に係る超格子を含むエピタキシャル構造を概略的に示す図である。

【0007】

【図3】様々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の一部を概略的に示す図である。

30

【0008】

【図4】様々な実施の形態に係る集積回路デバイスを製造する方法を示すフローチャートである。

【0009】

【図5】様々な実施の形態に係る集積回路デバイスのコンタクトを製造する方法を示すフローチャートである。

【0010】

【図6】様々な実施の形態に係るICデバイスを含むシステムの例を概略的に示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

本開示の実施の形態は、例えばガリウム砒素(GaAs)ベースのヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)といった集積回路(IC)デバイス用のエピタキシャル構造、製造方法およびシステムを提供する。

【0012】

以下の詳細な説明において、本明細書の一部をなす添付の図面には参照符号が付され、同様の部分には同様の番号が一貫して付され、本開示の主題が実施されう実施の形態は、例示を目的として示される。本開示の範囲を逸脱しない限りにおいて、他の実施の形態

50

が利用され、かつ、構造的または論理的变化がなされうるものと理解されるべきである。したがって、以下の詳細な説明は、限定的な意味で解釈されるべきではなく、実施の形態の範囲は、添付の請求項およびそれと同等の記載によって定義される。

【0013】

本開示において、「Aおよび/またはB」の語は、「A」、「B」または「AおよびB」を意味する。本開示において、「A、Bおよび/またはC」の語は、「A」、「B」、「C」、「AおよびB」、「AおよびC」、「BおよびC」または「A、BおよびC」を意味する。

【0014】

説明において、「一実施の形態において」または「実施の形態において」の語を用いることがある。これらは、一以上の同一のまたは異なる実施の形態を指し示す。さらに、「備える」、「含む」、「有する」およびこれらと同様の用語は、本開示の実施の形態に関して用いる場合に、同義である。

【0015】

「～に結合される」の語は、ここでは、派生的に用いられる。「結合される」は、以下に示す一以上の内容を意味しうる。「結合される」は、二以上の要素が物理的または電氣的に直接接触することを意味しうる。しかしながら、「結合される」は、二以上の要素が互いに間接的に接触しつつ互いに協働または相互作用することとも意味し、また、一以上の他の要素が、上述の意味で互いに結合された要素間において結合または接続されることを意味しうる。

【0016】

様々な実施の形態において、「第2層の上に形成される第1層」の語は、第2層の上方に第1層が形成されることを意味し、第1層の少なくとも一部が、第2層の少なくとも一部に直接接触（例えば、物理的および/または電氣的な直接接触）または間接接触（例えば、第1層と第2層の間に一以上の他の層を有する）することを意味しうる。

【0017】

図1は、様々な実施の形態に係るICデバイス100の一部であるエピタキシャル構造を概略的に示す。ICデバイス100は、例えば、HBTデバイスであってもよい。

【0018】

ICデバイス100は、GaAs基板などの基板（不図示）の上に製造されてもよい。ICデバイス100は、コレクタ、サブコレクタおよび/またはバッファ層を含んでもよく、これらに限られない追加の構造または層を含んでもよい。記載を明確にするため、エミッタスタック114およびその下に位置するベース層102に関連する層のみ図示される。様々な層を形成するために用いられる材料には不純物が添加され、その電気的特性が変更されてもよい。これはドーピングとして知られ、過剰の電子（n型ドーピング）または電子ホール（p型ドーピング）を生成できる。後述する「n」および「p」は、適度にドーピングされた材料を示すために用いられる一方、「n+」および「p+」は、高濃度にドーピングされた材料を示すために用いられる。ICデバイス100は、基板もしくは他の層の上にエピタキシャルに堆積されうるp+GaAsベース層102を含んでもよい。エミッタスタック114は、p+GaAsベース層102の上に形成されてもよい。

【0019】

p+GaAsベース層102の上に形成されるエミッタスタック114は、一以上のヘテロ接合/ヘテロ構造を形成し、異なる材料系からなるエピタキシャル成長層を含んでもよい。エミッタスタック114の層は、その場（in situ）で形成されてもよい。つまり、エミッタスタック114は、製造設備（例えばチャンバ）内のp+GaAsベース層102の上に形成されてもよく、p+GaAsベース層102または関連する基板を製造設備から取り除くことなくエミッタスタック114の構成層が形成（例えばエピタキシャル成長）される。p+GaAsベース層102は、エミッタスタック114の形成前に、同様の技術により基板または他の層の上に形成されてもよい。p+GaAsベース層102は、500～1200の厚さを有してもよい。本明細書における厚さは、p+GaAs

10

20

30

40

50

ベース層 102 の主面に実質的に垂直な方向の層の寸法とされる（図 1 において垂直方向の高さとして示される）。p + GaAs ベース層 102 が図示されるが、他のベース層の材料が用いられてもよい。

【0020】

いくつかの実施の形態において、IC デバイス 100 のエミッタスタック 114 は、n インジウムガリウム燐（InGaP）エミッタ層 104 を含んでもよい。n-InGaP エミッタ層 104 は、ガリウムに対して 50 % のモル比率のインジウムを有してもよく、したがって $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ と呼んでもよい。n-InGaP エミッタ層 104 は、300 ~ 500 の厚さを有してもよい。

【0021】

いくつかの実施の形態において、IC デバイス 100 のエミッタスタック 114 は、n + GaAs 層 106 を含んでもよい。n + GaAs 層 106 は、n-InGaP エミッタ層 104 の上に形成されてもよい。n + GaAs 層 106 は、500 以上の厚さを有してもよい。

【0022】

いくつかの実施の形態において、IC デバイス 100 のエミッタスタック 114 は、傾斜（graded）n + インジウムガリウム砒素（InGaAs）層 108 を含んでもよい。傾斜 n + InGaAs 層 108 は、n + GaAs 層 106 の上に形成されてもよい。傾斜 n + InGaAs 層 108 は、100 ~ 1000 の厚さを有してもよい。傾斜 n + InGaAs 層 108 は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ の構造であって、n + GaAs 層 106 の近傍にて $x = 0$ であり、n + InGaAs 層 110 の近傍にて $x = 0.5$ であるように、傾斜 n + InGaAs 層 108 の厚さに応じて x の値が 0 から 0.5 以上に変化する構造を有してもよい。例えば x は、n + GaAs 層の近傍における $x = 0$ から n + InGaAs 層 110 の近傍における 0.4 ~ 0.7 の値まで変化しうる。これにより、n + GaAs 層 106 から n + InGaAs 層 110 への構造遷移を提供してもよい。

【0023】

いくつかの実施の形態において、IC デバイス 100 のエミッタスタック 114 は、n + インジウムガリウム砒素（InGaAs）層 110 を含んでもよい。n + InGaAs 層 110 は、傾斜 n + InGaAs 層 108 の上に形成されてもよい。n + InGaAs 層 110 は、100 ~ 1000 の厚さを有してもよい。n + InGaAs 層 110 は、ガリウムに対して 50 % のモル比率のインジウムを有してもよく、したがって $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ と呼んでもよい。

【0024】

典型的な GaAs の HBT において、エミッタコンタクトは、n + InGaAs 層 110 の上に直接形成されうる。これは、一般的に、二つの方法のいずれかにより実現される。一方は、チタン - タングステン（TiW）やタングステン - シリコン（WSi）などの耐熱性メタルコンタクトを n + InGaAs 層 110 に接触させて利用し、その上にチタン / 白金 / 金（Ti / Pt / Au）などの金属層が加えられる。別の典型的なエミッタコンタクト形成技術は、浅い合金コンタクトを利用しうる。これは、Ti / Pt / Au または白金 / チタン / 白金 / 金（Pt / Ti / Pt / Au）の金属層を n + InGaAs 層 110 の上に直接形成することを含みうる。ベースコンタクトの形成に用いられるメタライズ手法（詳細は後述）とは異なり、エミッタコンタクトの Ti 層または第 1 Pt 層は、不必要な拡散を妨げるために一般的に 50 程度に浅くなければならない。ベースコンタクトのメタライズ手法に関連する場合のように第 1 金属層がより厚くなると、n + InGaAs 層 110 を超えて Ti または Pt が拡散する結果となりうる。このような拡散が増大すると、抵抗値の増大および / または熱安定性の低減の一方または双方につながりうる。このようにして、典型的な技術では、エミッタコンタクト構造およびベースコンタクト構造を形成するために別々の製造工程を必要としうる。本開示に係るエミッタスタックは、エミッタおよびベース双方のコンタクトを同時に形成するために用いられ、ベースコンタクトの形成に主に関連した同一のメタライズ手法を可能にしうる。これは、全体として必要

10

20

30

40

50

とする製造工程数を低減することにより、製造に関連するコストおよび時間を低減させる結果となりうる。

【0025】

いくつかの実施の形態において、ICデバイス100のエミッタスタック114は、 $n + \text{InGaP}$ 層112を含んでもよい。 $n + \text{InGaP}$ 層112は、 $n + \text{InGaAs}$ 層110の上に形成されてもよい。 $n + \text{InGaP}$ 層112は、Ptまたは他の金属を制御するための拡散制御層として機能しうる。なお、エミッタコンタクト構造の形成中における拡散については詳細を後述する。 $n + \text{InGaP}$ 層112は、300~500の厚さを有してもよい。 $n\text{--InGaP}$ エミッタ層104と同様に、 $n + \text{InGaP}$ 層112は、ガリウムに対して50%のモル比率のインジウムを有してもよく、したがって $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ と呼んでもよい。いくつかの実施の形態において、 $n + \text{InGaP}$ 層112は、 $n\text{--InGaP}$ エミッタ層104と実質的に等しい厚さを有してもよい。このようにして、 $n + \text{InGaP}$ 層112は、Pt拡散といった金属拡散に対して同じ固有の制限を提供してもよい。したがって、 $n\text{--InGaP}$ エミッタ層104は、 $n + \text{InGaAs}$ 層110を超える不必要な金属拡散が生じないようにエミッタコンタクトを形成する際に、第1Pt層といったより厚い金属層が用いられることを許容する。これは、図3を参照しながら、より詳細に説明される。 InGaP が示される一方で、同様の拡散制御を実現するために別の材料が用いられてもよい。例えば、 InGaP の代わりに、 GaAs 、インジウム燐(InP)、インジウムアルミニウム砒素(InAlAs)、アルミニウムガリウム砒素(AlGaAs)または他のIII-V族材料が $n + \text{InGaP}$ 層112と同様の拡散制御層を提供するために用いられてもよい。傾斜 $n + \text{InGaAs}$ 層108または $n + \text{GaAs}$ 層106へ金属が拡散するのを妨げるために、 $n + \text{InGaAs}$ 層110の厚さを増やすことも可能かもしれないが、これはより高いエミッタコンタクト抵抗をもたらす。

【0026】

図2は、様々な実施の形態に係るICデバイス200の一部であるエピタキシャル構造を概略的に示す。ICデバイス200は、例えば、HBTデバイスであってもよい。ICデバイス200は、 $n + \text{InGaP}$ 層112といった単一の拡散制御層の代わりに、金属拡散を制御するための超格子構造が用いられうる点を除いて、図1に関して上述したICデバイス100と同様であってもよい。

【0027】

ICデバイス200は、 GaAs 基板などの基板(不図示)の上に製造されてもよい。ICデバイス200は、コレクタ、サブコレクタおよび/またはバッファ層を含んでもよく、これらに限られない追加の構造または層を含んでもよい。説明を明確にするために、エミッタスタック218およびその下に位置するベース層202に関連する層のみが図示される。ICデバイス200は、基板または別の層の上にエピタキシャルに堆積されうる $p + \text{GaAs}$ ベース層202を含んでもよい。エミッタスタック218は、 $p + \text{GaAs}$ ベース層202の上に形成されてもよい。 $p + \text{GaAs}$ ベース層202は、図1に関して上述した $p + \text{GaAs}$ ベース層102と実質的に同じであってもよい。

【0028】

いくつかの実施の形態において、ICデバイス200は、図1を参照して前に説明したエミッタスタック114と同様のエミッタスタック218を含んでもよい。例えば、エミッタスタック218は、 $n\text{--InGaP}$ エミッタ層204を含んでもよく、これは、図1を参照して前に説明した $n\text{--InGaP}$ エミッタ層104と実質的に同じであってもよい。エミッタスタック218は、 $n + \text{GaAs}$ 層206を含んでもよく、これは、図1を参照して前に説明した $n + \text{GaAs}$ 層106と実質的に同じであってもよい。エミッタスタック218は、傾斜 $n + \text{InGaAs}$ 層208を含んでもよく、これは、図1を参照して前に説明した傾斜 $n + \text{InGaAs}$ 層108と実質的に同じであってもよい。エミッタスタック218は、さらに $n + \text{InGaAs}$ 層210を含んでもよく、これは、図1を参照して前に説明した $n + \text{InGaAs}$ 層110と実質的に同じであってもよい。各層202

10

20

30

40

50

- 210は、図1に関して上述した対応する層と実質的に同じであってもよく、前に説明した寸法および構造を有してもよい。

【0029】

いくつかの実施の形態において、ICデバイス200は、金属拡散を制御するための超格子構造216を含んでもよい。超格子構造216は、第1材料および第2材料を交互に積層させた層で構成されてもよい。例えば、超格子構造216は、一以上の $n + GaAs$ 層212と、間に介在する一以上の $n + InGaAs$ 層214を含んでもよい。超格子構造216は、上述した $n + InGaP$ 層112と同様に、拡散制御層として機能してもよい。単一の $n + GaAs$ 層212および単一の $n + InGaAs$ 層214が図示されているが、ICデバイス200には任意の数の積層された層が含まれてもよい。一実施の形態において、超格子構造216は4周期を含んでもよく、各周期が一つの $n + GaAs$ 層212と一つの $n + InGaAs$ 層214を含み、それぞれが約50 nmの厚さを有してもよい。この構成において、超格子構造216は、全部で8層を有し、約400 nmの厚さとなるであろう。他の材料および他の数量ならびに厚さの層が用いられてもよい。例えば、いくつかの実施の形態において、 $n + GaAs$ 層212は、 InP 、 $InAlAs$ 、 $InGaP$ 、 $AlGaAs$ または他のIII-V族材料の $n +$ 層で置換されてもよい。層数および厚さは、メタライズ工程中に堆積されるPtが $n + InGaAs$ 層210を超えて拡散されるのを妨げるように調整されてもよい。Pt拡散の最前面を $n + InGaAs$ 層210内に維持することが望ましく、それによりエミッタコンタクト用の低減された抵抗値および増大した熱安定性をもたらさう。

【0030】

図3は、様々な実施の形態に係るICデバイス300を概略的に示す。ICデバイス300は、例えば、HBTデバイスであってもよい。ICデバイス300は、図1のICデバイス100に対して説明したものと同様の一連の層を含んでもよい。図1の層構造に照らして図示しているが、図3の考え方は、図2の超格子の構成にも同様に適用される。

【0031】

ICデバイス300は、一連の層302 - 312を含んでもよい。これらの層は、図1の層102 - 112に対応し、図1の層102 - 112と同様の構造および厚さを有してもよい。ICデバイス300は、一以上のベースコンタクト314および一以上のエミッタコンタクト324を含んでもよい。各ベースコンタクト314およびエミッタコンタクト324は、単一のメタライズ工程を通じて同時に形成されてもよい。このようにして、ベースコンタクト314およびエミッタコンタクト324は、同じ一連の金属層を有してもよい。

【0032】

ベースコンタクト314は、第1Pt層316を含んでもよい。第1Pt層316は、 $n + InGaP$ エミッタ層304を通じて拡散し、 $p + GaAs$ ベース層302と接触するように、 $n + InGaP$ エミッタ層304の上に形成されてもよい。Ti層318は、第1Pt層316の上に形成されてもよい。第2Pt層320は、Ti層318の上に形成されてもよい。Ti層318は、第2Pt層320が第1Pt層316へ拡散するのを妨げてよい。Au層322は、第2Pt層320の上に形成されてもよい。このPt/Ti/Pt/Auメタライズ手法は、十分な熱安定性を有する低抵抗コンタクトを提供してもよい。上述したように、ベースコンタクトに用いられるPt/Ti/Pt/Auメタライズ手法は、伝統的にエミッタコンタクトの形成に用いられなかった。許容できないほどの高抵抗および/または低い熱安定性をもたらす過剰なPt拡散に関連する課題に起因して、TiまたはPtの比較的浅い最下層を必要とするためである。したがって、同じ一連の層が用いられるにもかかわらず、エミッタコンタクト用にベースコンタクトに対して異なる厚さの層を形成するための異なる製造工程が必要とされう。 $n + InGaP$ 層312または図2の超格子構造216や上述した他の材料などの別の代替物を追加することにより、同じPt/Ti/Pt/Auメタライズ手法を用いて、ベースコンタクト314の形成と同時にエミッタコンタクト324を形成することが可能となる。

【0033】

エミッタコンタクト324は、第1Pt層326を含んでもよい。第1Pt層326は、 $n + \text{InGaP}$ 層312の上に形成され、 $n + \text{InGaP}$ 層312を通じて拡散して $n + \text{InGaAs}$ 層310に接触してもよい。Pt拡散の最前面が $n + \text{InGaAs}$ 層310内に位置するように拡散を制御することにより、要望通りの高い熱安定性を有する低抵抗コンタクトをもたらしうる。上述したように、いくつかの実施の形態において、 $n + \text{InGaP}$ 層312は、 $n - \text{InGaP}$ エミッタ層304の厚さとほぼ等しい厚さを有してもよい。この実施の形態において、ベースコンタクト314の第1Pt層316の拡散は、エミッタコンタクト324の第1Pt層326の拡散とほぼ等しくてもよい。

【0034】

エミッタコンタクト324は、第1Pt層326の上に形成されるTi層328をさらに含んでもよい。エミッタコンタクト324は、Ti層328の上に形成される第2Pt層330と同時に、第2Pt層330の上に形成されるAu層332を含んでもよい。エミッタコンタクト324の層326-332は、ベースコンタクト314の層316-322を形成するのと同じメタライズ工程を通じて形成されてもよい。エミッタコンタクト324とベースコンタクト314の双方を形成するための共通メタライズ工程を用いることは、別途エミッタコンタクトを製造する工程を省くことで製造工程の数を低減し、時間および/または費用を節約しうる。

【0035】

図4は、様々な実施の形態に係るICデバイス100、200、300などのICデバイスを製造する方法400のフローチャートを示す。

【0036】

方法400は、GaAsベース層を形成するステップ404から開始する。これは、図1-3の102、202または302などの $p + \text{GaAs}$ ベース層を形成するステップを含んでもよい。分子線エピタキシー(MBE)、原子層エピタキシー(ALE)、化学ビームエピタキシー(CBE)および/または化学気相成長法(MOCVD)によるエピタキシャル成長を含む技術であって、これらに限られない任意の技術を方法400に関して記載される様々な層の形成のために用いてもよい。

【0037】

方法400は、GaAsベース層の上にInGaPエミッタ層を形成するステップ408を継続してもよい。これは、図1-3の104、204または304などのInGaPエミッタ層を形成するステップを含んでもよい。

【0038】

方法400は、InGaAs層を形成するステップ412を含んでもよい。これは、図1-3の110、210または310などの $n + \text{InGaAs}$ 層を形成するステップを含んでもよい。他の工程は、製造プロセスの一部であってもよいが、説明を明確にするため、方法400に関して具体的に説明されない。例えば、製造プロセスは、 $n + \text{GaAs}$ 層(106、206または306など)、傾斜 $n + \text{InGaAs}$ 層(108、208または308など)や、コレクタ、サブコレクタまたはバッファ層を含む、追加の層の形成を含んでもよい。

【0039】

方法400は、InGaAs層の上に拡散制御層を形成するステップ416を含んでもよい。これは、図1または3の112または312などの $n + \text{InGaP}$ 層や、図2に関して説明した超格子構造216を形成するステップを含んでもよい。

【0040】

方法400は、InGaPエミッタ層の一部を露出させるために選択的に材料を除去するステップ420を含んでもよい。これは、エッチング工程(エミッタメサエッチ(mesa etch)として知られる)または他の適切な材料除去技術を含んでもよい。これは、InGaPエミッタ層がいくつかの領域にて露出され他の領域にて露出されないようにするために、フォトリソグラフィ工程などのパターンングまたはマスクキング工程を含んでもよ

10

20

30

40

50

い。この工程は、ベースコンタクト314などのベースコンタクト形成用の構造を準備するために、114または218などのエミッタスタックの一以上の層を除去してもよい。

【0041】

方法400は、ベースおよびエミッタコンタクト領域を規定するためのマスクを適用するステップ424を含んでもよい。これは、InGaPエミッタ層の露出された部分の上に一以上のベースコンタクト領域を規定するステップと、拡散制御層の上に一以上のエミッタコンタクト領域を規定するステップを含んでもよい。この工程の実行のために、任意の適切なマスキング技術が用いられてもよい。

【0042】

方法400は、ベースおよびエミッタコンタクトを形成するためのメタライズ工程を実行するステップ426を含んでもよい。この工程は、メタルスパッタリングまたは蒸着工程を含む任意の適切な技術を用いて実行されてもよい。これは、一以上の金属層を形成するステップを含んでもよく、図3を参照しながら上述したベースコンタクト314およびエミッタコンタクト324の形成に対応してもよい。いくつかの実施の形態において、これは、第1Pt層、Ti層、第2Pt層およびAu層を形成するステップを含んでもよい。ベースおよびエミッタコンタクトを同時に形成するために、Pt/Ti/Pt/Au手法などの単一のメタライズ工程が用いられてもよい。

【0043】

図5は、図3における314および324などのベースコンタクトおよびエミッタコンタクトを形成するメタライズ工程を実行する方法500を示すフローチャートである。方法500は、方法400のステップ426とともに、上述したメタライズ工程に合致してもよい。

【0044】

方法500は、InGaPエミッタ層の一部および拡散制御層の一部の上に第1Pt層を形成するステップ504から開始する。これは、図3の第1Pt層316および326を形成するステップを含んでもよい。InGaPエミッタ層の上に形成される第1Pt層の一部は、ベースコンタクト(314など)に関連しう一方、拡散制御層の上に形成される第1Pt層の一部は、エミッタコンタクト(324など)に関連しう。各ステップ504, 508, 512および516には、スパッタリング工程を含む任意の適切な技術が用いられてもよい。

【0045】

方法500は、第1Pt層の上にTi層を形成するステップ508を継続してもよい。これは、図3のTi層318および328を形成するステップを含んでもよい。Ti層は、後述するように、第2Pt層の拡散を妨げるように機能してもよい。

【0046】

方法500は、Ti層の上に第2Pt層を形成するステップ512を含んでもよい。これは、図3の第2Pt層320および330を形成するステップを含んでもよい。

【0047】

方法500は、第2Pt層の上にAu層を形成するステップ516を含んでもよい。これは、図3のAu層322および332を形成するステップを含んでもよい。

【0048】

様々な工程は、請求項に係る主題の理解を最も助ける態様で、複数の別個の工程として順に説明される。しかしながら、説明の順序は、これらの工程が必然的に順序依存であることを示唆するものとして解釈されるべきではない。特に、これらの工程は、説明の順序で実施されなくてもよい。説明される工程は、説明される実施の形態とは異なる順序で実施されてもよい。追加の実施の形態では、様々な追加的な工程が実施されてもよいし、および/または、説明される工程が削除されてもよい。

【0049】

ICデバイス100, 200または300などのICデバイスは、様々な装置またはシステムに組み込まれてもよい。図6は、システム600の例を示すブロック図である。図

10

20

30

40

50

6において一貫して100と図示されているが、ICデバイス200および/または300を含んでもよく、これらに限られない本明細書に記載される技術に合致する任意のICデバイスが、ICデバイス100の代替となってもよい。図示されるように、システム600は、パワー増幅器(PA; power amplifier)モジュール602を含み、いくつかの実施の形態において、これは無線周波数(RF)PAモジュールであってもよい。システム600は、図示されるようにパワー増幅器モジュール602と結合されるトランシーバ604を含んでもよい。パワー増幅器モジュール602は、本明細書に記載されるICデバイス100などのICデバイスを含んでもよい。

【0050】

パワー増幅器モジュール602は、トランシーバ604からRF入力信号RF_{in}を受信してもよい。パワー増幅器モジュール602は、RF出力信号RF_{out}を供給するために、RF入力信号RF_{in}を増幅してもよい。RF入力信号RF_{in}およびRF出力信号RF_{out}は、いずれも送信チェーンの一部であり、図6においてそれぞれTx - RF_{in}およびTx - RF_{out}と記載される。

【0051】

増幅されたRF出力信号RF_{out}は、アンテナ構造608を通じてRF出力信号RF_{out}の無線(OTA; over-the-air)送信を生じさせるアンテナスイッチモジュール(ASM)606に供給されてもよい。ASM606は、アンテナ構造608を通じてRF信号を受信し、受信したRF信号Rxを受信チェーンに沿ってトランシーバ604に結合させてもよい。いくつかの実施の形態において、トランシーバ604は、例えば低雑音増幅器内に、ICデバイス100を追加的/代替的に含んでもよい。

【0052】

様々な実施の形態において、アンテナ構造608は、ダイポールアンテナ、モノポールアンテナ、パッチアンテナ、ループアンテナ、マイクロストライプアンテナ、その他、RF信号のOTA送信および/または受信に適した、いかなる種類のアンテナを含む、一以上の方向性および/または無指向性のアンテナを有してもよい。

【0053】

いくつかの実施の形態において、システム600は、ICデバイス100などのICデバイスを追加的/代替的に含むパワーコンディショナ610を含んでもよい。パワーコンディショナ610は、PAモジュール602およびトランシーバ604などであって、これらに限られないシステム600の様々な構成要素に結合され、これらの構成要素に電力を供給してもよい。この実施の形態において、ICデバイス100は、例えば交流(AC) - 直流(DC)コンバータ、DC - DCコンバータ、DC - ACコンバータやこれらと同様のもの等のパワーコンディショニング用途を含むパワースイッチ用途のための効果的なスイッチデバイスを提供してもよい。

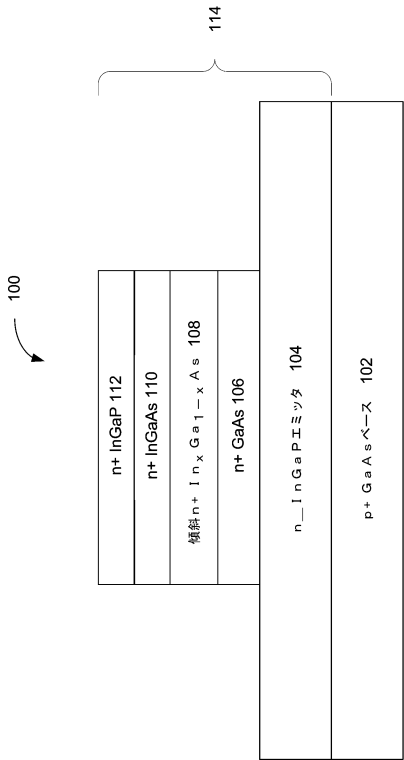
【0054】

様々な実施の形態において、システム600は、特に無線周波数の高いパワーおよび高い周波数におけるパワー増幅のために有用である。例えば、システム600は、地上波通信、衛星通信、レーダシステム、場合によっては様々な産業用途および医療用途の中の一以上のいずれかの用途に適切でありうる。より具体的には、様々な実施の形態において、システム600は、レーダデバイス、衛星通信デバイス、携帯端末、携帯電話の基地局、ラジオ放送またはテレビ放送の増幅システムの中から選択される一つであってもよい。

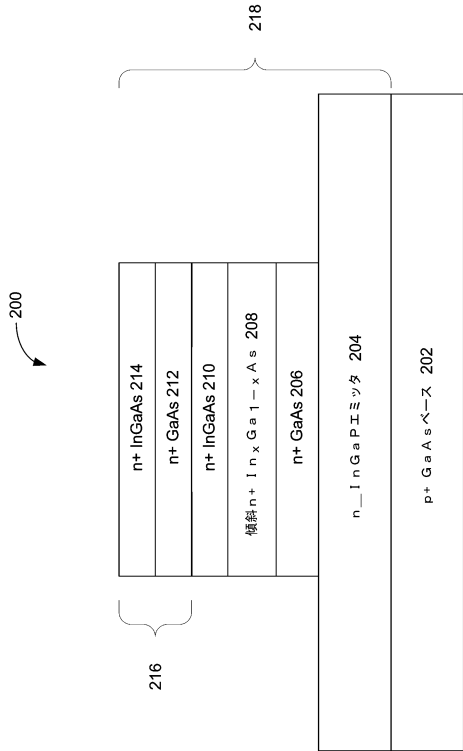
【0055】

特定の実施の形態が本明細書において説明のために例示され記載されたが、本開示の範囲を逸脱しない限りにおいて、同様の目的を達成すると意図される幅広い種類の代替的および/または等価な実施の形態または実施が本明細書に示され記載された実施の形態の代わりとなってもよい。本出願は、本明細書において議論された実施の形態のいかなる改造または変更をもカバーすることを意図する。したがって、本明細書に記載される実施の形態は、請求項またはそれと同等の記載によってのみ限定されることが明白に意図される。

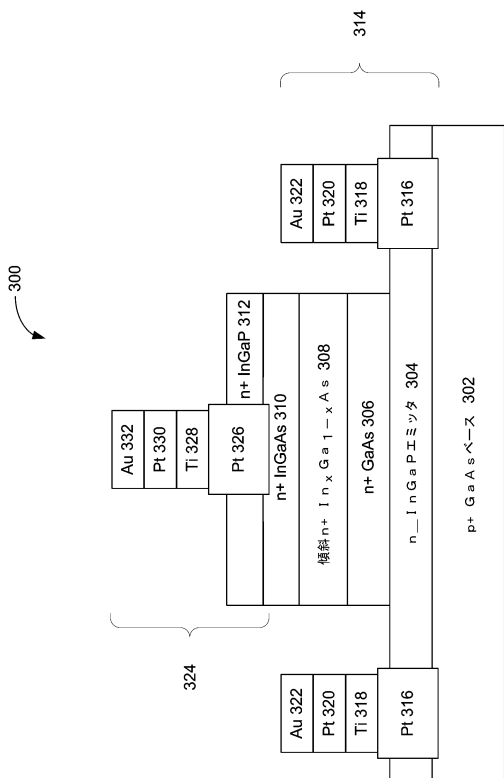
【図 1】



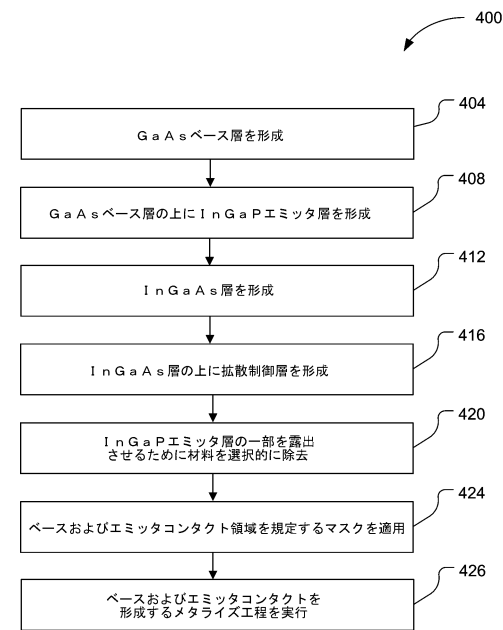
【図 2】



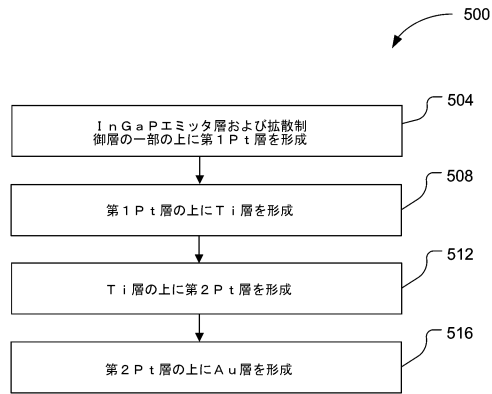
【図 3】



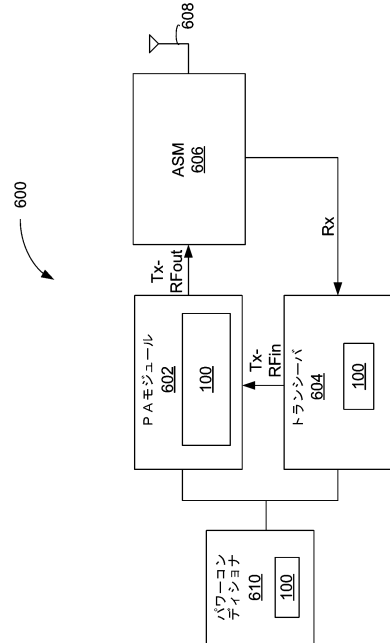
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 ハート、シェイラ ケイ .

アメリカ合衆国オレゴン州 9 7 1 2 4 ・ ヒルスボロ ・ ノースイーストブルックウッドパークウェイ
2 3 0 0

審査官 恩田 和彦

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 1 0 3 9 2 5 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 8 2 5 8 3 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 8 9 2 0 0 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 2 6 0 2 5 5 (J P , A)

特表 2 0 0 2 - 5 2 5 8 7 5 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 3 0 3 2 4 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 3 1

H 0 1 L 2 1 / 2 8

H 0 1 L 2 9 / 4 1 7

H 0 1 L 2 9 / 7 3 7