

(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2005-109368

(P2005-109368A)

(43) 公開日 平成17年4月21日(2005.4.21)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/331

H01L 29/737

F1

H01L 29/72

H

テーマコード(参考)

5F003

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2003-343937 (P2003-343937)

(22) 出願日 平成15年10月2日(2003.10.2)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72) 発明者 持田 夏樹

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日

立電線株式会社内

(72) 発明者 竹内 隆

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日

立電線株式会社内

Fターム(参考) 5F003 BA92 BB01 BC01 BE01 BE90

BF06 BG06 BM03 BP32

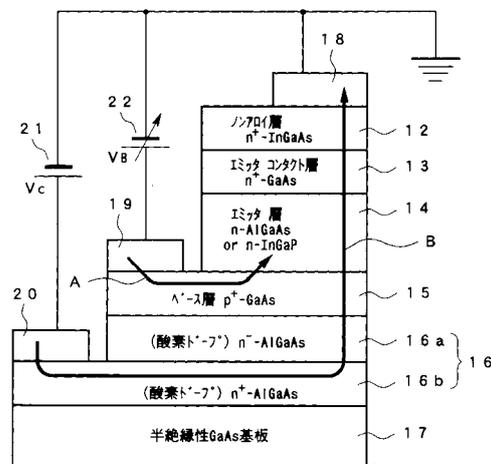
(54) 【発明の名称】 ヘテロ接合バイポーラトランジスタ

(57) 【要約】

【課題】ヘテロ接合バイポーラトランジスタのコレクタ層の耐圧を高め、高出力のHBTとする。

【解決手段】コレクタ層16の全体もしくは一部に、GaAsよりもバンドギャップの広い酸素ドーパAlGaAsを使用し、又は、第一コレクタ層16bと第二コレクタ層16aの一方又は双方を、GaAsよりもバンドギャップの広い酸素ドーパしたAlGaAs層で構成する。このAlGaAs層の酸素ドーパ濃度は好ましくは $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半絶縁性基板上に、コレクタ層、ベース層、エミッタ層が順に積層形成された III - V 族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、

前記コレクタ層の全部もしくは一部を、酸素ドーブした AlGaAs 層で構成した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 2】

半絶縁性基板上に、ベース層と第一の導電型の第一コレクタ層との間に、第一コレクタ層よりも不純物濃度の低い第一の導電型の第二コレクタ層を挟んだ構造を有する、III - V 族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、

前記第一コレクタ層と第二コレクタ層の一方又は双方を、酸素ドーブした AlGaAs 層で構成したことを特徴とするヘテロ接合バイポーラトランジスタ。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載のヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、

前記 AlGaAs 層の酸素ドーブ濃度が $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上であ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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、III - V 族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタ (HBT) に係り、特にそのコレクタ層を高耐圧化する構造に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

III - V 族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタ (HBT) は、低損失性、低歪性、単一電源可能といった特性を有し、CDMA (code-division multiple access: 符号分割多重アクセス) 等のデジタル携帯電話機の出カアンプとして注目されている。

【0003】

HBT はエミッタ / ベース接合が AlGaAs / GaAs ヘテロ接合により構成されるのが一般的である。しかし最近では、デバイス特性向上或いは信頼性向上の観点から、エミッタ層を AlGaAs エミッタ層から InGaP エミッタ層に置き換えることが検討され、一部においては作製されている。これは、活性な原子である Al を含む AlGaAs 層をエミッタ層として用いた場合には、AlGaAs 層に深い準位に起因する多くの非発光性再結合中心が形成され、この非発光性再結合中心を介して HBT の劣化が進行するためであり、Al を含まない InGaP 層をエミッタ層として用いることによって劣化の問題を解決しようとするものである。

30

【0004】

従来 GaAs 系 HBT を図 3 を参照して説明する。同図に示す HBT は大きく分けて、エミッタ層 3、コレクタ層 5 及びベース層 4 という 3 層から構成される。すなわち、半絶縁性 GaAs 基板 6 上に、 n^+ 型 GaAs サブコレクタ層 5b と n^- 型 GaAs コレクタ層 5a から成るコレクタ層 5 を形成すると共に、その上に、p 型 GaAs ベース層 4、AlGaAs 又は InGaP より成る n 型のエミッタ層 3、 n^+ 型 GaAs エミッタコンタクト層 2、 n^+ 型 InGaAs ノンアロイ層 1 を順に積層形成している。換言すれば、ベース層 4 と不純物濃度の高い第一の導電型のサブコレクタ層 (第一コレクタ層) 5b との間に、不純物濃度の低い第一の導電型のコレクタ層 (第二コレクタ層) 5a を挟んだ構造となっている。エミッタ層 3 は電子を注入する層で、n 型の AlGaAs もしくは InGaP から成る。コレクタ層 5 はエミッタから注入された電子を集める層で、主として n 型の GaAs から成る。ベース層 4 はエミッタ - コレクタ間の電流を調節するための層で、p 型の GaAs から成る。尚、コレクタ層 5 は、キャリア濃度が高い第一コレクタ層 (サブコレクタ層) 5b と、キャリア濃度が低い第二コレクタ層 (コレクタ層) 5a から構成

40

50

される。

【0005】

HBTにおいては、InGaAsノンアロイ層1の上にエミッタ電極7が、GaAsベース層4の上にベース電極8が、そしてサブコレクタ層5bの上にコレクタ電極9が形成される。エミッタ接地の場合は、コレクタ電極9に電源10の正の電圧 V_C を印加し、電源11の電圧 V_B を付与して、ベース電極8よりベース電流Aを信号入力として流し、出力となるコレクタ電流Bを制御する(図3)。

【0006】

前述したHBTの動作を同図を参照して説明する。ベース電流Aを流さない時には、ベース-コレクタ間に電源10による逆方向電圧 V_C が掛かるため、空乏層が生じ、エミッタ-コレクタ間に電流は流れない。よって、トランジスタはオフ状態になる。

10

【0007】

ベース電流Aを流す時には、エミッタ-ベース間に順方向電圧が掛かるので、エミッタ-ベース間に電流が流れる。ところがエミッタ領域の電子がベースに流れ込むとき、ベースが薄いために結合相手の正孔が少なく、電子の大部分はベースを通り抜けてコレクタ領域に入り込む。その結果、エミッタ-コレクタ間に電流(コレクタ電流B)が流れることになり、よって、トランジスタはオン状態になる。

【0008】

トランジスタがオフの時には、前述した通り、電源10の電圧 V_C がエミッタ-ベース-コレクタ間に掛かる。ベース-エミッタ間の電圧降下分は小さいため、電源電圧 V_C の殆どがベース層とコレクタ層に掛かる。従って、電源電圧の設定はトランジスタのベースとコレクタ間の逆バイアス時の降伏電圧(=耐圧)で制限される。トランジスタの性能としては耐圧が高いことが望まれている。

20

【0009】

HBTの高耐圧化に関しては、従来、ベース層と第一コレクタ層との間に不純物濃度の低い第二コレクタ層を挟んだ構造を有するHBTにおいて、第二のコレクタ層に、不純物(Si等のドナーイオン)を、意図的に予め決められた濃度分にしながら添加することにより、第二のコレクタ層での空間電荷を電氣的に補償し、衝突電離を助長させるバンド曲がりによる電解集中効果を解消させる技術が提案されている(例えば、特許文献1参照)。

30

【0010】

また、HBTの高耐圧化とは関係がないが、電流増幅率がサブコレクタ濃度の上昇と共に低下するという問題に鑑み、サブコレクタ層に酸素を添加して電子トラップとして作用させる技術が知られている(例えば、特許文献2参照)。

【特許文献1】特開平05-041388号公報

【特許文献2】特開2001-319937号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献1の耐圧化技術は、高コレクタ電流注入時での衝突電離による雪崩降伏現象を抑制するコレクタ構造を目的として、第二コレクタ層に不純物を意図的に予め決められた濃度分にしながら添加するものであり、特許文献1にはHBTの各層の具体的な構造(構成材料)についての説明はない。

40

【0012】

また、特許文献2は、サブコレクタ層に酸素を添加しているが、コレクタ層を直接に高耐圧化するものでも、本発明が扱う材料であるAlGaAsの適用について論じたものでもない。

【0013】

上述したように、トランジスタがオフの時には、電源10の電圧 V_C がエミッタ-ベース-コレクタ間に掛かる。ベース-エミッタ間の電圧降下分は小さいため、電源電圧の殆

50

どがベース層とコレクタ層に掛かる。従って、電源電圧の設定はトランジスタのベースとコレクタ間の逆バイアス時の降伏電圧 (= 耐圧) で制限される。トランジスタの性能としては耐圧が高いことが望まれている。

【0014】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、耐圧が高く、高出力での使用が可能なコレクタ層構造を持つ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】

【0015】

上記目的を達成するため、本発明は、次のように構成したものである。

【0016】

請求項1の発明に係るヘテロ接合バイポーラトランジスタは、半絶縁性基板上に、コレクタ層、ベース層、エミッタ層が順に積層形成されたIII-V族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、前記コレクタ層の全部もしくは一部を、酸素ドーパしたAlGaAs層で構成したことを特徴とする。

10

【0017】

請求項2の発明に係るヘテロ接合バイポーラトランジスタは、半絶縁性基板上に、ベース層と第一の導電型の第一コレクタ層との間に、第一コレクタ層よりも不純物濃度の低い第一の導電型の第二コレクタ層を挟んだ構造を有する、III-V族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、前記第一コレクタ層と第二コレクタ層の一方又は双方を、酸素ドーパしたAlGaAs層で構成したことを特徴とする。

20

【0018】

請求項3の発明は、請求項1又は2記載のヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、前記AlGaAs層の酸素ドーパ濃度が $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とする。

【0019】

< 発明の要点 >

本発明のヘテロ接合バイポーラトランジスタは、コレクタ層の全体もしくは一部に、酸素ドーパAlGaAsを使用したものである。具体的には、III-V族化合物半導体を用いたヘテロ接合バイポーラトランジスタにおいて、酸素ドーパ ($2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上) AlGaAs領域を有するコレクタ層とするものである。

【0020】

AlGaAs層を通常より低いV/III比 (V族とIII族のモル流量比) において有機金属化学気相成長法で成長すると、AlGaAs層中に酸素が取り込まれやすくなる。また成長温度を通常より低くして成長しても同様に、AlGaAs層中に酸素が取り込まれやすくなる。

30

【0021】

酸素ドーパをすることによりAlGaAsのバンドギャップは、GaAsのバンドギャップより広くなり、より深いn型が実現する。コレクタ層全体もしくは一部に、AlGaAsを使用することにより、耐圧が高くなる。

【発明の効果】

【0022】

本発明のバイポーラトランジスタは、コレクタ層の全体もしくは一部に、GaAsよりもバンドギャップの広い酸素ドーパAlGaAsを使用し、又は、第一コレクタ層と第二コレクタ層の一方又は双方を、GaAsよりもバンドギャップの広い酸素ドーパしたAlGaAs層で構成したので、コレクタの耐圧を高め、高出力での使用が可能なヘテロ接合バイポーラトランジスタを得ることができる。

40

【0023】

またこの耐圧を向上させる効果は、上記AlGaAs層の酸素ドーパ濃度を $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上とすることにより、顕著に高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

50

以下、本発明の実施の形態を図1と図2を用いて説明する。

【0025】

図1に本実施形態に係るInGaP/GaAs系HBTの構造を示す。これは、半絶縁性GaAs基板17上に、有機金属気相成長法(MOVPE)により、コレクタ層16、ベース層15、エミッタ層14、エミッタコンタクト層13、ノンアロイ層12を順次成長した構造を有する。

【0026】

コレクタ層16は、図1に示すように、半絶縁性GaAs基板17上に、不純物濃度の高い第一の導電型の第一コレクタ層(サブコレクタ層)16bとして厚さ600nmのn⁺型AlGaAs(キャリア濃度 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)、また不純物濃度の低い第一の導電型の第二コレクタ層16aとして500nmのn⁻型AlGaAs(キャリア濃度 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$)が成長されている。このAlGaAsコレクタ層16a、16bは、低いV/III比で成長することにより、V族原料費を低減することが出来る。また、AlGaAsコレクタ層16a、16bの成長温度を通常より低くすることにより、コレクタ層の結晶性が向上する。

10

【0027】

上記第二コレクタ層16a上には、ベース層15として70nmのp⁺型GaAs(キャリア濃度 $4 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$)が成長されている。したがって、ベース層15と第一の導電型の第一コレクタ層16bとの間に不純物濃度の低い第一の導電型の第二コレクタ層16aを挟んだ構造となっている。

20

【0028】

さらに、このベース層15上には、エミッタ層14として100nmのn型InGaP(In混晶比0.49、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)、エミッタコンタクト層13として100nmのn⁺型GaAs(キャリア濃度 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)、ノンアロイ層12として50nmのn⁺型InGaAs(In混晶比0.5、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$)が成長されている。

【0029】

上記のノンアロイ層12、ベース層15及びサブコレクタ層16bの上に、それぞれエミッタ電極18、ベース電極19及びコレクタ電極20が形成されて、ヘテロ接合バイポーラトランジスタが構成される。そして、エミッタ接地の場合は、コレクタ電極20に電源21の正の電圧V_cを印加し、ベース電極19に電源22の電圧V_bを付与して、ベース電極19よりベース電流Aを信号入力として流し、出力となるコレクタ電流Bを制御する。

30

【0030】

かかる構成のHBTとすることにより、HBTのコレクタ層の耐圧を高くすることができ、これにより高い出力での使用が可能なバイポーラトランジスタを実現することが出来る。

【0031】

次に、本発明の効果を確認するため、従来構造のHBTと本実施構造のHBTのI-V_b特性(入力特性)を測定し比較した。図2にこの測定結果を示す。横軸のV_bはベース電圧、縦軸のIはベース電流である。なお、縦軸の単位は、例えば「8.0E-02」で 8.0×10^{-2} を表す。

40

【0032】

図2中、曲線aは従来構造のHBTにおけるI-V_b特性(入力特性)であり、曲線bは本実施構造のHBTでAlGaAsコレクタ層16中の酸素濃度を $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ とした場合のI-V_b特性(入力特性)、そして曲線cは $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ とした場合のI-V_b特性(入力特性)である。

【0033】

曲線aと曲線b、cの比較から分かるように、AlGaAsコレクタ層16中の酸素濃度が高い構造の方が、ベース-コレクタ間の降伏電圧が高くなっている。これは本発明を

50

適用したことにより、HBTのコレクタ耐圧が向上したことを意味している。

【0034】

<他の実施例、変形例>

上記実施の形態では、コレクタ層16を構成する2層(第二コレクタ層16a、第一コレクタ層16b)の両方に酸素ドーパAlGaAsに使用しているが、2層のうちの片方だけに酸素ドーパAlGaAsを使うことや、各層の一部に酸素ドーパAlGaAsを使うことも可能である。

【0035】

また上記実施形態では、エミッタ層をInGaPとしたがAlGaAsで構成することもできる。

10

【0036】

<使用方法、応用システムなど>

本発明で用いた酸素ドーパAlGaAsはGaAsと比べて耐圧が高い。本発明は、HBTのコレクタ層だけに限らず、電界効果トランジスタFET、高電子移動度トランジスタHEMTの各層の高耐圧に応用することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の実施形態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断面図である。

【図2】本発明のヘテロ接合バイポーラトランジスタの $I-V_B$ 特性(入力特性)を、従来例と比較して示した図である。

20

【図3】従来のヘテロ接合バイポーラトランジスタの構造を示す概略断面図である。

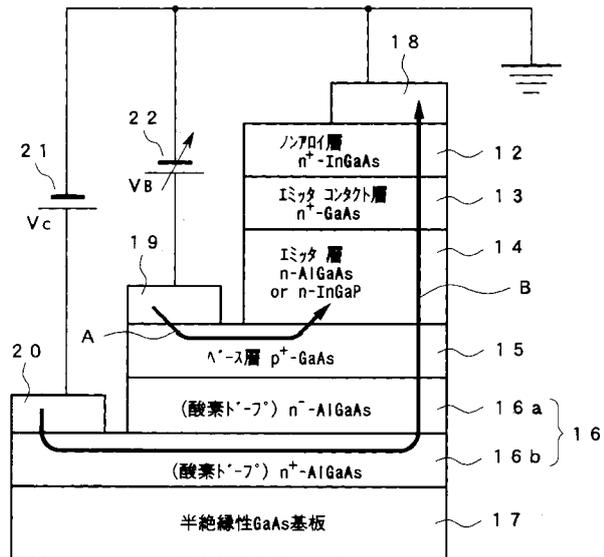
【符号の説明】

【0038】

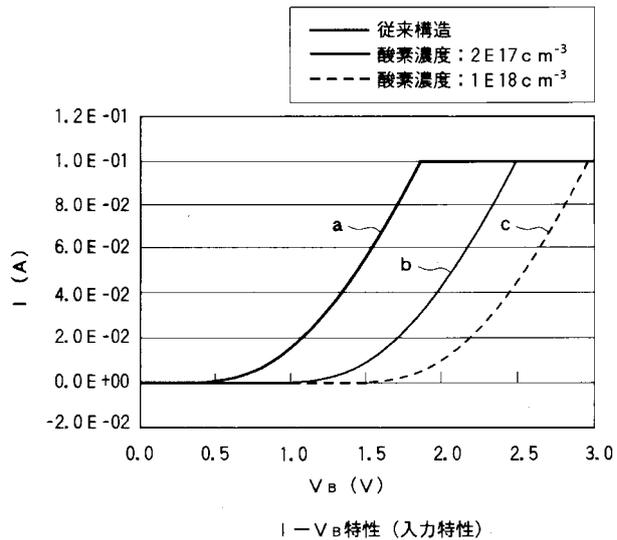
- 12 ノンアロイ層
- 13 エミッタコンタクト層
- 14 エミッタ層
- 15 ベース層
- 16 コレクタ層
- 16a 第二コレクタ層(コレクタ層)
- 16b 第一コレクタ層(サブコレクタ層)
- 17 半絶縁性GaAs基板
- 18 エミッタ電極
- 19 ベース電極
- 20 コレクタ電極
- A ベース電流
- B コレクタ電流

30

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

