

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4933698号
(P4933698)

(45) 発行日 平成24年5月16日 (2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 31/107 (2006.01)	HO 1 L 31/10 B
HO 1 L 27/14 (2006.01)	HO 1 L 27/14 J
	HO 1 L 27/14 Z

請求項の数 15 外国語出願 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-19497 (P2001-19497)
(22) 出願日 平成13年1月29日 (2001.1.29)
(65) 公開番号 特開2001-284633 (P2001-284633A)
(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001.10.12)
審査請求日 平成20年1月16日 (2008.1.16)
審判番号 不服2010-27035 (P2010-27035/J1)
審判請求日 平成22年11月30日 (2010.11.30)
(31) 優先権主張番号 09/493758
(32) 優先日 平成12年1月28日 (2000.1.28)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 596092698
アルカテルルーセント ユーエスエー
インコーポレーテッド
アメリカ合衆国 07974 ニュージャ
ーシー, マレイ ヒル, マウンテン アヴ
ェニュー 600-700
(74) 代理人 100094112
弁理士 岡部 譲
(74) 代理人 100064447
弁理士 岡部 正夫
(74) 代理人 100085176
弁理士 加藤 伸晃
(74) 代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体アバランシェホトディテクタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アンドープの増幅層 (14) と、
50 - 100 nm の範囲の厚さを有するアンドープの光吸収層 (16) と、
前記増幅層及び前記光吸収層に隣接して配置された第1のチャージ層 (15) であって、
InAlAs 又は InP からなる前記第1のチャージ層 (15) と、
200 - 400 nm の範囲の厚さを有し、前記光吸収層から分離され、入射した光を前
記光吸収層に結合することができるドーピングした導波路層 (17) とを備え、
前記第1のチャージ層、光吸収層、及び増幅層は、厚さが300 - 500 nm の範囲の
領域 (14、15、16) を形成することを特徴とする半導体アバランシェホトディテク
タ (10)。

【請求項 2】

前記第1のチャージ層とは反対の前記増幅層の面に隣接して配置された第2のチャージ
層 (13) とをさらに備え、
前記第2のチャージ層はドーピングした InAlAs からなることを特徴とする請求項1記載
のホトディテクタ。

【請求項 3】

前記第1のチャージ層は、50 - 100 nm の範囲の厚さを有し、 7×10^{17} から $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲の濃度でドーピングされていることを特徴とする請求項1記載の
ホトディテクタ。

【請求項 4】

前記導波路層は、InGaAsP からなり、 7×10^{17} から $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲の濃度でドーピングされていることを特徴とする請求項 3 記載のホトディテクタ。

【請求項 5】

前記増幅層は、アンドープの InAlAs 又は InP からなることを特徴とする請求項 4 記載のホトディテクタ。

【請求項 6】

少なくとも 40 GHz の移動時間が制限されたバンド幅を有することを特徴とする請求項 1 記載のホトディテクタ。

【請求項 7】

前記光吸収層は、アンドープの InGaAs であることを特徴とする請求項 1 記載のホトディテクタ。

【請求項 8】

基板上にアンドープの増幅層 (14) を形成するステップと、
前記増幅層上に第 1 のチャージ層 (15) を形成するステップであって、前記第 1 のチャージ層はドーピングした InAlAs 又は InP からなる、ステップと、
前記第 1 のチャージ層の上にアンドープの光吸収層 (16) を形成するステップであって、前記光吸収層は $50 - 100 \text{ nm}$ の範囲の厚さを有する、ステップと、
前記光吸収層の上にドーピングした導波路層 (17) を形成するステップであって、前記導波路層は、 $200 - 400 \text{ nm}$ の範囲の厚さを有し、入射した光を前記光吸収層へ結合することができる、ステップとを具備し、
前記第 1 のチャージ層、光吸収層、及び増幅層は、厚さが $300 - 500 \text{ nm}$ の範囲の領域 (14、15、16) を形成することを特徴とするアバランシェホトディテクタの製造方法。

【請求項 9】

前記増幅層、第 1 のチャージ層、光吸収層、及び導波路層は、MOCVD により形成されることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 10】

前記増幅層を形成する前に、前記基板上に第 2 のチャージ層 (13) を形成するステップをさらに具備し、
前記第 2 のチャージ層はドーピングした InAlAs からなることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 11】

前記光吸収層は、アンドープの InGaAs からなることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 12】

前記増幅層は、アンドープの InAlAs 又は InP からなることを特徴とする請求項 8 記載の方法。

【請求項 13】

前記導波路層は、InGaAsP からなり、 7×10^{17} から $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲の濃度でドーピングされていることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

アバランシェホトダイオード (10) を有する光学受信機 (32) において、
前記アバランシェホトダイオードは、
アンドープの増幅層 (14) と、
 $50 - 100 \text{ nm}$ の範囲の厚さを有するアンドープの光吸収層 (16) と、
前記増幅層及び前記光吸収層に隣接して配置された第 1 のチャージ層 (15) であって、
ドーピングした InAlAs 又は InP からなる前記第 1 のチャージ層と、
 $200 \text{ nm} - 400 \text{ nm}$ の範囲の厚さを有し、前記光吸収層から分離され、入射した光を前記光吸収層に結合することができるドーピングした導波路層 (17) とを備え、

前記第1のチャージ層、光吸収層、及び増幅層は、厚さが300 - 500 nmの範囲の領域(14、15、16)を形成することを特徴とする光学受信機。

【請求項15】

送信器(30)と、
前記送信器に光学的に接続された光ファイバ(31)と、
前記光ファイバに光学的に結合された光学受信機(32)とを有する光学ネットワークにおいて、

前記光学受信機は、アバランシェホトダイオードを有し、

前記アバランシェホトダイオードは、

アンドープの増幅層(14)と、

50 - 100 nmの範囲の厚さを有するアンドープの光吸収層(16)と、

前記増幅層及び前記光吸収層に隣接して配置された第1のチャージ層(15)であって、
ドーピングしたInAlAs又はInPからなる前記第1のチャージ層と、

200 - 400 nmの範囲の厚さを有し、前記光吸収層から分離され、入射した光を前記光吸収層に結合することができるドーピングした導波路層(17)とを備え、

前記第1のチャージ層、光吸収層、及び増幅層は、厚さが300 - 500 nmの範囲の領域(14、15、16)を形成することを特徴とする光学ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ホトディテクタに関し、特にアバランシェホトディテクタに関する。

【0002】

【従来の技術】

光電子デバイスは、情報処理能力が大きいために通信ネットワークで使用するに大いに注目を集めている。ネットワークの欠かせない部品は半導体ホトディテクタで、入射光を電気信号に変換するものである。通常のホトディテクタは、PINダイオードで、n型半導体層とp型半導体層の間に挟み込んだ真性半導体の光吸収層を有する。このようなデバイスの1つの問題点は、真性半導体層が比較的厚い(通常200 - 400 nm)ために、入射光により生成される電子とホール通過時間が制限され、そのためデバイスの速度が制限されることである。

【0003】

近年、吸収長さを増加させるために、2つの導波路層の間に真性層を挟み込んでかつ真性層を薄くすることが提案されている。このようなデバイスは、電子やホールの移動時間の制約があるが、その理由は真性領域は、デバイスにバイアスが印加されたときに電界を含む領域として定義されるが、導波路層の厚さを含むためである。光を導波路により標準のPINデバイスの真性領域に結合することが提案されている。

【0004】

別の種類のホトディテクタは、導波路アバランシェホトディテクタである。この種のデバイスは、真性層の一部としてアンドープの吸収層と導波路層とドーピングしたチャージ層とアンドープの増幅層とを含む。このようなデバイスの真性層は、極めて厚い(通常700から1000 nm)ために電子の移動時間が制限される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、電子またはホールの移動が速く、その結果高速で動作できるデバイスを提供できるホトディテクタを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、請求項1に記載した特徴を有する半導体アバランシェホトダイオードである。即ち、アンドープの増幅層と、薄いアンドープの光吸収層と、前記光吸収層から分離され入射した光を光吸収層に結合するドーピングした導波路層とを有することを特徴とする半導体

10

20

30

40

50

アバランシェホトディテクタである。本発明の他の態様においては、アバランシェホトディテクタの製造方法およびアバランシェホトディテクタを有する受信機とネットワークである。

【 0 0 0 7 】

【発明の実施の形態】

本発明によるデバイスを図 1 , 2 に示す。図 1 において、光は図 2 で矢印で示されるように図面の手前から奥に向かって入射する。本発明の一実施例による半導体アバランシェホトディテクタ 1 0 は、アンドープ増幅層 1 4 と薄いアンドープ光吸収層 1 6 とドーフト導波路層 1 7 とを有し、この導波路層 1 7 は、光吸収層 1 6 から分離されているが、入射した光を光吸収層 1 6 に結合する。

10

【 0 0 0 8 】

より詳細には半導体アバランシェホトディテクタ 1 0 は、半導体基板 1 1 の上に通常形成され、この実施例においては、半絶縁性 I n P 製である。M O C V D あるいは他の公知の技術により基板には m 半導体エピタキシャル層である層 1 2 - 1 8 が連続して形成される。第 1 層は、クラッド層 1 2 であり、好ましくは n 型の I n P 材料製でその厚さは $400 - 1000 \text{ nm}$ で $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度でドーピングされている。

【 0 0 0 9 】

クラッド層 1 2 の上には n 型でドーブされた第 1 チャージ層 1 3 が堆積され、この実施例においては、I n A l A s 製である。この層は、通常 200 nm の厚さを有し、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度でドーブされ、チャージされたキャリアがクラッド層と基板内にトンネル現象で入り込むのを阻止している。同図においては第 1 チャージ層 1 3 を用いているが、クラッド層 1 2 を用いることも可能であり、これは本発明にとって不可欠なものではない。

20

【 0 0 1 0 】

チャージ層 1 3 の上にはアンドープ増幅層 1 4 が形成され、この層 1 4 はドーブしていない（真性）である。本明細書においてアンドープ（ドーブしていない）とは、意図的にドーブしないことを意味しており、n 型あるいは p 型のドーパントがバックグラウンドドーピング程度（ $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下）を含むこともあり得る。この実施例においては層 1 4 は I n A l A s 製であり、入射光に応答してデバイス内で生成される自由キャリアを増幅する半導体材料製で、例えば I n P 製でもよい。

30

【 0 0 1 1 】

層 1 4 の厚さは $200 - 1000 \text{ nm}$ である。第 2 チャージ層 1 5 は増幅層 1 4 の上に形成される。この層 1 5 は、p 型の不純物が 7×10^{17} から $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲の濃度でドーピングされている。この実施例においては、層 1 5 は I n A l A s 製で、その厚さは $50 - 100 \text{ nm}$ で、デバイスの動作中に増幅層 1 4 内で生成された高い電界から吸収層 1 6 をシールドする役目をする。他の適宜の材料としては I n P がある。

【 0 0 1 2 】

薄いアンドープ吸収層 1 6 が第 2 チャージ層 1 5 の上に形成される。この実施例においては、層 1 6 は I n G a A s 製であるが、入射光を吸収し入射光に応答して自由キャリアを生成する半導体材料でもよい。この層 1 6 の厚さは $50 - 100 \text{ nm}$ である。

40

【 0 0 1 3 】

吸収層 1 6 の上には透明な導波路 1 7 が形成される。この導波路層 1 7 は、p 型の不純物で 7×10^{17} から $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ にドーピングされている。この実施例においては、導波路層 1 7 は、I n G a A s P 製であるが、屈折率がクラッド層 1 8 よりも高くかつそれに格子整合している他の材料も用いることができる。導波路層 1 7 の厚さは $200 - 400 \text{ nm}$ が好ましい。

【 0 0 1 4 】

最後に p 型ドーブしたクラッド層 1 8 が導波路層 1 7 の上に形成される。クラッド層 1 8 はこの実施例では I n P 製であるが、導波路層 1 7 よりも屈折率の低い他の材料を用いることができる。クラッド層 1 8 の厚さは $1000 - 2000 \text{ nm}$ の範囲である。クラッド

50

層 18 への電気接点は、クラッド層 18 上の金属層 19 とクラッド層 12 上の金属層 20, 21 により与えられる。接点用リボン 23, 24 は、金属層 19 を金属層 20, 21 に電氣的に接続する。

【0015】

図 2 において、第 1 チャージ層 13 への電気接点は第 1 チャージ層 13 を露出するデバイスのエッチングされたステップ上に形成された金属層 22 により与えられる。金属層 19 - 22 は、金合金あるいは半導体材料に対しオーミック接点を形成する他の導電性材料でもよい。このような接触方式は、デバイスの接点に採用される多くの技術のうちの 1 つに過ぎない。

【0016】

次に動作について説明する。逆バイアスを金属層 20 - 22 を介してデバイスに与え、そして光は導波路層 17 を通して図 1 の図面内に入る方向で伝播する。光は導波路層 17 に沿って吸収層 16 に入り、その結果吸収層 16 内に自由キャリア（電子とホール）が生成される。これらのキャリアは電界がかかったことにより光吸収層 16 から掃引され（swept out）、電子は増幅層 14 内のインパクトイオン化により倍增される。電子の増加は、金属層 20 - 22 に接続された回路（図示せず）により検出される。他のメカニズムも用いることができる。

【0017】

図 3 は、本発明の半導体アバランシェホトディテクタ 10 を用いた通常の光学ネットワークの一部を示す。送信器 30 は光ファイバ 31 を介して 1 つあるいは複数の波長の光を送信する半導体レーザ（図示せず）を有する。光ファイバ 31 は光を受信機 32 に送り、そしてこの受信機 32 は本発明の半導体アバランシェホトディテクタ 10 を有する。光に回答してホトディテクタ 10 により生成された電流は、トランスインピーダンス増幅器 33 に電氣的に与えられ、この増幅器 33 は電氣的信号を増幅し、電流を電圧信号に換えてデータ信号により受信機の残りの部分と他のネットワーク部分に送る。

【0018】

【発明の効果】

本発明の利点としては、導波路層 17 と吸収層 16 とを切り離すことである。即ち、導波路層 17 は、この実施例では分離したドープ層であるために、導波路層 17 には電界がかからずデバイスの真性領域の一部ではなくなる。そして真性領域は、層 14 - 16 を有する。このことは、真性層の厚さが 300 - 500 nm まで薄くなったことを意味する。そしてこれにより、キャリアの移動時間が小さくなりデバイスがより高速となる。

【0019】

例えば、従来の APD においては、吸収層と導波路層は、効率的な導波を行うために少なくとも 350 nm 厚さがあり、チャージ層は 50 nm で、増幅層は 200 nm で、これにより真性領域の厚さは約 600 nm である。移動時間がバンド幅を制限してしまい、この移動時間は、真性領域の厚さに逆比例し、このようなデバイスにおいては 38 GHz である。本発明の一実施例においては、吸収層 16 の厚さは 50 nm まで薄くなり、そして真性層の厚さ（層 14 - 16）は 300 nm まで薄くなる。これにより移動時間が制約されたバンド幅は、約 76.6 GHz である。

【0020】

好ましくは、移動時間が制限されたバンド幅は、少なくとも 40 GHz が好ましい。さらにまた、このようなデバイスのパワー処理能力は、吸収層の最初の 50 μm の厚さで光が分散して吸収されるために 25 倍増加するが、これは従来技術におけるより厚い導波路吸収層の最初の数 μm で光が吸収されるのとは対称的である。最後に、導波路層と吸収層の分離により導波路の設計を考慮することなく吸収層の特性をうまく創ることができるようになる。

【0021】

特許請求の範囲に記載した発明の構成要件の後の括弧内の符号は、構成要件と実施例と対応づけて発明を容易に理解させる為のものであり、特許請求の範囲の解釈に用いるべき

10

20

30

40

50

のものではない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例によるアバランシェホトディテクタの断面図

【図 2】 図 1 のアバランシェホトディテクタの上面図

【図 3】 本発明のアバランシェホトディテクタを含むネットワークの一部を表す図

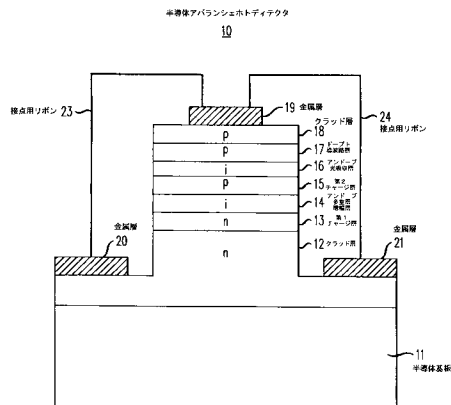
【符号の説明】

- 10 半導体アバランシェホトディテクタ
- 11 半導体基板
- 12 クラッド層
- 13 第 1 チャージ層
- 14 アンドープ増幅層
- 15 第 2 チャージ層
- 16 アンドープ光吸収層
- 17 ドープト導波路層
- 18 クラッド層
- 19, 20, 21, 22 金属層
- 23, 24 接点用リボン
- 30 送信器
- 31 光ファイバ
- 32 受信機
- 33 増幅器

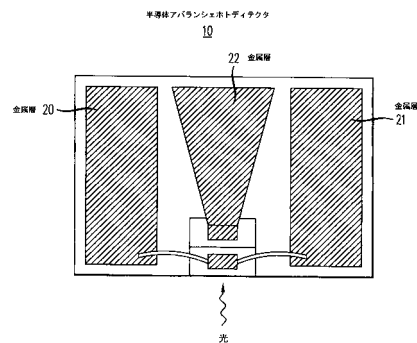
10

20

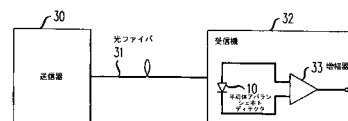
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 アーロン ユージーン ボンド
アメリカ合衆国、 1 8 1 0 3 ペンシルバニア、アレントاون、グリーン アクレス ドライブ
2 5 5 7

合議体

審判長 江成 克己

審判官 岡▲崎▼ 輝雄

審判官 松川 直樹

(56)参考文献 特開平 9 - 1 8 1 3 5 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 31/107

H01L 27/14