

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-509630  
(P2019-509630A)

(43) 公表日 平成31年4月4日(2019.4.4)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
HO 1 L 31/10 (2006.01) HO 1 L 31/10 A 5 F 8 4 9

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2018-541419 (P2018-541419)  
(86) (22) 出願日 平成29年2月2日 (2017.2.2)  
(85) 翻訳文提出日 平成30年8月8日 (2018.8.8)  
(86) 国際出願番号 PCT/EP2017/000121  
(87) 国際公開番号 WO2017/137151  
(87) 国際公開日 平成29年8月17日 (2017.8.17)  
(31) 優先権主張番号 102016001387.7  
(32) 優先日 平成28年2月9日 (2016.2.9)  
(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 504324855  
アズール スペース ソーラー パワー  
ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ  
ル ハフツング  
AZUR SPACE Solar Po  
wer GmbH  
ドイツ連邦共和国 ハイльブロン テレー  
ジエンシュトラッセ 2  
Theresienstrasse 2,  
D-74072 Heilbronn,  
Germany  
(74) 代理人 100114890  
弁理士 アイゼル・フェリックス＝ライ  
ンハルト

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受信機モジュール

(57) 【要約】

受信機モジュール (EM) であって、相互に直列に接続された半導体ダイオードとして構成された N 個の部分電圧源を有し、それによって、部分電圧源がソース電圧を生成し、部分電圧源の各々は、p-n 接合部を有する半導体ダイオード (D1, D2, D3, D4, D5) を有し、個々の部分電圧源の部分ソース電圧は、相互に 20% 未満の偏差を有し、それぞれ順次連続する 2 つの前記部分電圧源の間に、トンネルダイオードが形成されており、部分電圧源の数 N は 2 以上であり、第 1 のスタック (ST1) における上面において、光 (L) が、前記第 1 のスタック (ST1) の表面 (OB) に入射し、第 1 のスタック (ST1) は、表面 (OB) 上に第 1 の電気的コンタクトを有し、さらに下面に第 2 の電気的コンタクトを有しており、前記スタックは、半導体基板上に配置され、前記半導体基板は、スタックとトランジスタ (T) とにモノリシックに接続され、この場合トランジスタ (T) の制御入力側は、2 つの電気的コンタクトのうちの一つに相互接続されている。

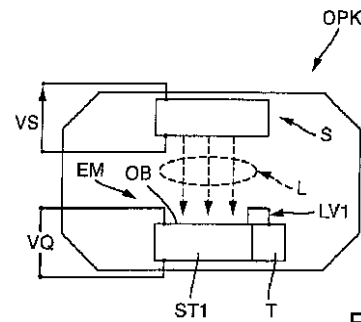


Fig. 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

受信機モジュール（EM）であって、

相互に直列に接続された半導体ダイオードとして構成されたN個の部分電圧源を有し、それによって、N個の部分電圧源がソース電圧を生成し、

前記部分電圧源の各々は、p-n接合部を有する半導体ダイオード（D1, D2, D3, D4, D5）を有し、

前記半導体ダイオード（D1, D2, D3, D4, D5）は、p型ドーパされた吸収層を有し、前記p型吸収層は、前記p型吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有するp型ドーパされたパッシベーション層によって不動態化されており、

前記半導体ダイオード（D1, D2, D3, D4, D5）は、n型吸収層を有し、前記n型吸収層は、前記n型吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有するn型ドーパされたパッシベーション層によって不動態化されており、それぞれ順次連続する2つの前記部分電圧源の間に、トンネルダイオード（T1, T2; T3, T4）が形成されており、

前記部分電圧源と前記トンネルダイオード（T1, T2, T3, T4）とが共にモノリシックに集積化され、上面と下面とを有する共通の第1のスタック（ST1）を形成しており、

前記部分電圧源の数Nは、2以上であり、

前記第1のスタック（ST1）における上面において、光（L）が、前記第1のスタック（ST1）の表面（OB）に入射し、前記第1のスタック（ST1）は、前記表面（OB）上に第1の電気的コンタクトを有し、さらに前記下面に第2の電気的コンタクトを有しており、

前記第1のスタック（ST1）は、12μm未満の総厚さを有し、

前記スタックは、半導体基板上に配置され、前記半導体ダイオードの半導体材料は、III-V族材料からなる、受信機モジュール（EM）において、

前記受信機モジュール（EM）の基板は、ゲルマニウムまたはガリウムヒ素を含み、

前記受信機モジュール（EM）の前記第1のスタック（ST1）の下面近傍において、囲繞する段状の縁部が形成されており、

前記半導体ダイオード（D1, D2, D3, D4, D5）間の前記トンネルダイオード（T1, T2, T3, T4）は、前記半導体ダイオード（D1, D2, D3, D4, D5）のp型/n型吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有する複数の半導体層を有し、

個々の前記部分電圧源の部分ソース電圧は、相互に20%未満の偏差を有し、

前記半導体基板は、前記スタックとトランジスタとにモノリシックに接続され、前記トランジスタの制御入力側は、2つの電気的コンタクトのうちの1つに相互接続されており、

前記受信機モジュール（EM）は、量子井戸構造を有さないことを特徴とする、受信機モジュール（EM）。

## 【請求項 2】

前記トランジスタは、前記第1のスタック（ST1）の表面上にまたは前記第1のスタックの側方に隣接して配置されている、

請求項1記載の受信機モジュール（EM）。

## 【請求項 3】

前記トランジスタは、前記第1のスタックと前記基板との間に配置されている、

請求項1または2記載の受信機モジュール（EM）。

## 【請求項 4】

前記トランジスタと前記第1のスタックとの間に間隙が形成されている、

請求項1から3までのいずれか1項または複数項記載の受信機モジュール（EM）。

## 【請求項 5】

10

20

30

40

50

前記トランジスタは、集積回路の一部として構成されている、  
請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 6】

前記スタック上面における照明される表面 (OB) の大きさは、実質的に、前記上面における前記第 1 のスタック (ST1) の面積の大きさに相応する、  
請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 7】

300Kにおいて、前記第 1 のスタック (ST1) は、前記第 1 のスタック (ST1) が所定の波長を有する光 (L) によって照射される限り、2.3V よりも大きなソース電圧 (VQ1) を有し、さらに、前記第 1 のスタック (ST1) の上面から前記スタックの下面に向かう光の入射方向において、最上部のダイオード (D1) から最下部のダイオード (D3 ~ D5) に向かう半導体ダイオードの p 型および n 型吸収層の総厚さが増加している、

請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 8】

前記受信機モジュール (EM) の部分電圧源の部分ソース電圧は、相互に 10% 未満の偏差を有している、

請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 9】

前記受信機モジュール (EM) の前記半導体ダイオード (D1, D2, D3, D4, D5) は、それぞれ同じダイオード材料を有している、

請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 10】

前記第 1 のスタック (ST1) は、 $2\text{mm}^2$  未満または  $1\text{mm}^2$  未満の基準面積を有している、

請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 11】

前記第 1 のスタック (ST1) の上面において、第 1 のコンタクトが、囲繞する金属製コンタクトとして縁部の近傍に形成されるまたは個々のコンタクト面 (K1) として縁部 (R) に形成される、

請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 12】

第 2 のコンタクトが基板によって形成されている、

請求項 1 から 11 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 13】

前記受信機モジュール (EM) において、第 2 のスタック (ST2) が形成されており、前記第 1 のスタック (ST1) および前記第 2 のスタック (ST2) は、相互に隣接して基板上に配置され、さらに前記第 1 および第 2 のスタック (ST1, ST2) は、相互に直列に相互接続されており、それによって、前記第 1 のスタック (ST1) のソース電圧 (VQ1) および前記第 2 のスタック (ST2) のソース電圧 (VQ2) が加算される、

請求項 1 から 12 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 14】

前記受信機モジュール (EM) の前記半導体ダイオード (D1, D2, D3, D4, D5) のうちの 1 つにおいて、前記 p 型吸収層と前記 n 型吸収層との間に真性層が形成されている、

請求項 1 から 13 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール (EM)。

【請求項 15】

前記受信機モジュール (EM) の前記スタックの前記半導体層は、ヒ化物素含有層とリン化物含有層とを同時に含んでいる、

10

20

30

40

50

請求項 1 から 1 4 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール ( E M ) 。

【請求項 1 6】

前記トンネルダイオード ( T 1 , T 2 , T 3 , T 4 ) において、前記半導体ダイオード ( D 1 , D 2 , D 3 , D 4 , D 5 ) の前記 p 型 / n 型吸収層よりも大きなバンドギャップを有する前記半導体層は、それぞれ、変更された化学量論特性および / または別の元素組成を有する材料からなっている、

請求項 1 から 1 5 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール ( E M ) 。

【請求項 1 7】

前記トランジスタは、横型または縦型の構成部品として構成されている、

請求項 1 から 1 6 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール ( E M ) 。

10

【請求項 1 8】

前記受信機モジュール ( E M ) および前記トランジスタは、多重量子井戸構造を有さない、

請求項 1 から 1 7 までのいずれか 1 項または複数項記載の受信機モジュール ( E M ) 。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、受信機モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

受信機モジュールは、光結合器において十分に公知である。簡単な光結合器は、送信機モジュールと受信機モジュールとを備え、これらの 2 つのモジュールは、電気的には分離されているが、光学的には結合されている。この種の実施形態は、米国特許第 4 9 9 6 5 7 7 号から公知である。また、光学素子は、米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 4 8 8 1 1 号明細書 ( U S 2 0 0 6 / 0 0 4 8 8 1 1 A 1 ) 、米国特許第 8 3 5 0 2 0 8 号明細書 ( U S 8 3 5 0 2 0 8 B 1 ) および国際公開第 2 0 1 3 / 0 6 7 9 6 9 号 ( W O 2 0 1 3 / 0 6 7 9 6 9 A 1 ) から公知である。複数の太陽電池を含む受信機モジュールは、米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 0 0 5 5 7 0 号明細書 ( U S 2 0 1 1 / 0 0 0 5 5 7 0 A 1 ) および独国特許出願公開第 4 0 0 5 8 3 5 号明細書 ( D E 4 0 0 5 8 3 5 A 1 ) から公知である。

20

30

【0003】

さらに、スケラブルな電圧源または I I I - V 族材料からなる太陽電池は、米国特許第 4 1 2 7 8 6 2 号 ( U S 4 1 2 7 8 6 2 ) 、米国特許第 6 2 3 9 3 5 4 号 ( U S 6 2 3 9 3 5 4 B 1 ) 、独国特許出願公開第 1 0 2 0 1 0 0 0 1 4 2 0 号明細書 ( D E 1 0 2 0 1 0 0 0 1 4 2 0 A 1 ) 、Nader M. Kalkhoran による文献 “ Cobalt disilicide inter cell ohmic contacts for multijunction photovoltaic energy converters ” ,Appl.Phys .Lett.64、1980 ( 1994 ) 、および A. Bett による文献 “ III-V Solar cells under monochromatic illumination ” 、 I E E E 第 3 3 回太陽光発電専門家会議 P V S C 2 0 0 8 、 I S B N : 9 7 8 - 1 - 4 2 4 4 - 1 6 4 0 - 0 、 1 - 5 頁からも公知である。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような背景から本発明の課題は、従来技術をさらに発展させた装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

この課題は、請求項 1 の特徴を有する受信機モジュールによって解決される。本発明の好ましい実施形態は、従属請求項の対象である。

【0006】

本発明の一態様では、相互に直列に接続された半導体ダイオードとして構成された N 個

50

の部分電圧源を有し、それによって、N個の部分電圧源がソース電圧を生成する受信機モジュールが提供される。

【0007】

これらの部分電圧源の各々は、p-n接合部を有する半導体ダイオードを有し、この場合半導体ダイオードはp型ドーパされた吸収層を有する。このp型吸収層は、当該p型吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有する、p型ドーパされたパッシベーション層によって不動態化されている。

【0008】

半導体ダイオードは、n型吸収層を有し、この場合このn型吸収層は、当該n型吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有するn型ドーパされたパッシベーション層によって不動態化されている。

10

【0009】

個々の部分電圧源の部分ソース電圧は、相互に20%未満の偏差を有する。それぞれ順次連続する2つの部分電圧源の間に、トンネルダイオードが形成され、この場合、部分電圧源とトンネルダイオードとが共にモノリシックに集積化され、上面と下面とを有する共通の第1のスタックを形成する。

【0010】

部分電圧源の数Nは2以上であり、光は第1のスタックの上面において、複数の半導体ダイオードのうちの1つの表面に入射する。第1のスタックは、表面上に第1の電気的コンタクトを有し、さらに下面に第2の電気的コンタクトを有している。

20

【0011】

第1のスタックは12 $\mu$ m未満の総厚さを有し、半導体基板上に配置され、この場合、この半導体基板は、スタックとトランジスタとにモノリシックに接続されている。

【0012】

トランジスタの制御入力側は、2つの電気的コンタクトのうちの1つに相互接続されている。

【0013】

受信機モジュールが、変調された光で照射される場合、変調された直流電圧が生成されることを理解されたい。好ましくはスタックの上面に形成されるダイオードの上面全体に光が照射される点に留意されたい。また、光波長に相応する光の光子エネルギーは、少なくとも半導体ダイオードの吸収層のバンドギャップエネルギー以上であることも理解されたい。

30

【0014】

さらに、所定の波長を有する光とは、特にLEDの光を意味し、ここでの発光スペクトルは一般にガウス形状であり、例えば、850nmの典型的なLEDの場合、20~30nmの半値幅を有することを理解されたい。好ましくは、受信機モジュールは、約850nmの場合、赤外領域においてのみ吸収性である。

【0015】

驚くべきことに、本願によるモノリシックなスタック段部は、従来技術とは異なり、2Vを上回るソース電圧を有利に生じさせることが詳細な検査により明らかになった点に留意されたい。

40

【0016】

部分電圧源の数Nは、好ましくは10以下であり、第1のスタックのソース電圧の高さは、主に部分ソース電圧の加算によって決定されることを理解されたい。

【0017】

受信機モジュールは多重量子井戸構造を有さない点に留意されたい。トランジスタも多重量子井戸構造を有さないことを理解されたい。

【0018】

本発明による装置の利点は、複数の部分電圧源の直列接続によって、4Vまたはそれを上回る電圧値を有する電圧源も実現することができ、モノリシックに集積化された構造を

50

用いて、スタックの少なくとも1つのコンタクトに相互接続されたトランジスタの電流供給のための簡素で安価な信頼性の高い電圧源を製造することができる点にある。

【0019】

さらなる利点は、スタック形状の配置構成を用いることにより、複数のシリコンダイオードを有するこれまでの横型の配置構成に比べて、面積の大幅な節約がもたらされることである。特に、送信ダイオードまたは光源によって、受信機モジュールの第1のスタックの著しく小さな受信面のみが、トランジスタ供給のためのエネルギーを生成するために照射されるだけでよい。

【0020】

一発展形態では、トランジスタは、第1のスタックの表面上にまたは第1のスタックの側方に隣接して配置されている。好ましくは、トランジスタは、横型または縦型構成部品として構成されている。別の発展形態では、トランジスタは、第1のスタックと基板との間に配置されている。

10

【0021】

一実施形態では、トランジスタと第1のスタックとの間に間隙が形成されている。好ましくは、トランジスタは、集積回路の一部として構成されている。

【0022】

一発展形態では、スタック上面の照明される表面の大きさは、実質的に、上面における第1のスタックの面積の大きさに相応する。一発展形態では、300Kにおいて、第1のスタックは、当該第1のスタックが所定の波長を有する光によって照射される限り、2.3Vよりも大きなソース電圧を有し、さらにこの場合、第1のスタックの上面から当該スタックの下面に向かう光の入射方向において、最上部のダイオードから最下部のダイオードに向かう半導体ダイオードのp型およびn型吸収層の総厚さが増加している。

20

【0023】

一実施形態では、受信機モジュールの部分電圧源の部分ソース電圧は、相互に10%未満の偏差を有する。

【0024】

好ましくは、受信機モジュールの半導体ダイオードは、それぞれ同じ半導体材料を有する。同じ半導体材料との用語は、同じ元素を有する半導体化合物が含まれていることを意味する。この場合、同じ半導体化合物も、異なる化学量論特性や様々なドーパントを含み得ることを理解されたい。

30

【0025】

一発展形態では、第1のスタックは、 $2\text{mm}^2$ 未満または $1\text{mm}^2$ 未満の基準面積を有する。別の発展形態では、第1のスタックの上面において、第1のコンタクトが、囲繞する金属製コンタクトとして縁部の近傍に形成され、または個々のコンタクト面として縁部に形成される。好ましくは、第2のコンタクトは基板によって形成される。

【0026】

一発展形態では、受信機モジュールは第2のスタックを有する。第1のスタックおよび第2のスタックは、相互に隣接して基板上に配置される。2つのスタックは、相互に直列に相互接続されており、それにより、第1のスタックのソース電圧および第2のスタックのソース電圧が加算される。

40

【0027】

一実施形態では、半導体ダイオードのうちの少なくとも1つにおいて、p型吸収層とn型吸収層との間に真性層が形成される。好ましくは、半導体ダイオードおよびトランジスタの半導体材料、および/または受信機モジュールの基板は、III-V族材料からなる。最も好ましくは、受信機モジュールの基板は、ゲルマニウムまたはガリウムヒ素を含むまたはそれらからなる。

【0028】

別の発展形態では、受信機モジュールのスタックの半導体層は、ヒ化物含有層とリン化物含有層とを同時に含む。

50

## 【 0 0 2 9 】

一実施形態では、受信機モジュールのスタックの下面近傍の電圧源は、囲繞する段状の縁部を有している。この種の縁部は、段部と称することもできる。

## 【 0 0 3 0 】

好ましくは、半導体ダイオード間のトンネルダイオードは、半導体ダイオードのp型/n型吸収層のバンドギャップよりも大きなバンドギャップを有する複数の半導体層を有する。半導体ダイオードのp型/n型吸収層よりも大きなバンドギャップを有する半導体層は、それぞれ、変更された化学量論特性および/または別の元素組成を有する材料からなっている。

## 【 0 0 3 1 】

以下では図面を参照しながら本発明をより詳細に説明する。ここでは、同様の部品には同一の符号が付されている。図示の実施形態は、大幅に単純化されており、すなわち、特段の記載がない限り、間隙ならびに横方向および縦方向の延在部分は縮尺通りではなく、導出可能な幾何学的相互関係も有さない。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 光結合器として1つのハウジング内に送信機モジュールと共に集積化された受信機モジュールを示した図

## 【 図 2 】 受信ユニットEMの第1の実施形態を示した図

## 【 図 3 】 受信ユニットEMの第2の実施形態を示した図

## 【 図 4 】 受信ユニットEMの第3の実施形態を示した図

## 【 図 5 】 受信ユニットEMの第4の実施形態を示した図

【 図 6 】 パッケージ化された光結合器内のスケラブルな電圧源を有する受信ユニットEMの第1のスタックの詳細な構造図

【 図 7 】 複数のスタックを有するスケラブルな電圧源を有する光結合器の第2の実施形態を示した図

【 図 8 】 吸収領域の厚さが異なる全部で5つのダイオードを有するスタックST1の一実施形態を示した図

## 【 図 9 】 囲繞する段状の段部を有するスタックを示した図

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 3 3 】

図1の図面は、光結合器OPKとして1つのハウジング内に送信機モジュールSと共に集積化された受信機モジュールEMを示す。この送信機モジュールSは、供給電圧VSを印加するための2つの電氣的接続部を有する。

## 【 0 0 3 4 】

受信機モジュールEMは、表面OBおよびトランジスタTを有する第1のスタックST1を有する。送信ユニットSの光Lは、ほぼ垂直方向で第1のスタックST1の表面OBに入射する。

## 【 0 0 3 5 】

第1のスタックST1は、(図には示されていない)直列に相互接続された複数のダイオードを有し、スケラブルな電圧源VQとして実施されている。第1のスタックST1は、トランジスタTに第1の線路LV1を用いて相互接続される。「スケラビリティ」の概念とは、第1のスタックST1全体のソース電圧の高さに関することを理解されたい。光結合器OPKは、本願によればパッケージ化されていることを理解されたい。すなわち前述の構成素子は、共通のハウジング内に集積化されている。

## 【 0 0 3 6 】

図2の図面には、受信ユニットEMの第1の実施形態の詳細図が示されている。以下では、図1との相違点のみを説明する。

## 【 0 0 3 7 】

好ましくはGeからなる基板SUB上に第1のスタックST1が配置されている。この

10

20

30

40

50

第1のスタックST1の表面OB上には、トランジスタTが直接配置されている。本願によれば、縦型のバイポーラ構成素子として形成されたトランジスタTは、エミッタEとベースBとコレクタCとを有する。トランジスタTのエミッタE、ベースB、およびコレクタCに対しては、それぞれ、相応にドーパされた半導体層が割り当てられていることも理解されたい。本願によれば、ベースBは、エミッタEの上方でかつコレクタCの下方に配置されている。コレクタCとベースBとの間には段部が形成されており、すなわち、ベース層は、接触接続のために露出エッチングされている。

【0038】

エミッタEは、第1のスタックST1の表面OB上に素材結合的に配置されている。トランジスタTの上面のコレクタCおよび第1のスタックST1の表面OB、すなわち、電圧源VQの第1のコンタクトは、外部に案内される。トランジスタTの、正の電位が印加されるベースBは、基板層SUBに、すなわち電圧源VQの第2コンタクトに、第2の線路LV2を用いて相互接続される。接触接続のために、基板層SUBは段部STUを有する。

10

【0039】

基板層SUBおよび第1のスタックST1およびトランジスタTは、スタック状のモノリシックな配置構成を形成する。

【0040】

図3は、受信ユニットEMの第2の実施形態の説明図を示す。以下では、図2との相違点のみを説明する。

20

【0041】

第1のスタックST1の表面OBに直接配置されたトランジスタTは、ソースSおよびゲートGおよびドレインDを有する横型MOS構成素子として構成されている。トランジスタTの上面の、負の電位が印加されるソースSは、第1のスタックST1の表面OBに、すなわち、電圧源VQの第1のコンタクトに、第1の線路LV1を用いて相互接続されている。トランジスタTの、正の電位が印加されるゲートGは、基板層SUBに、すなわち、電圧源VQの第2のコンタクトに、第2の線路LV2を用いて相互接続されている。

【0042】

図4は、受信ユニットEMの第3の実施形態の説明図を示す。以下では、図3との相違点のみを説明する。

30

【0043】

トランジスタTの上面の、負の電位が印加されるゲートGは、第1のスタックST1の表面OBに、すなわち、電圧源VQの第1のコンタクトに、第1の線路LV1を用いて相互接続されている。トランジスタTの、正の電位が印加されるソースSは、基板層SUBに、すなわち、電圧源VQの第2のコンタクトに、第2の線路LV2を用いて相互接続されている。

【0044】

図5は、受信ユニットEMの第4の実施形態の説明図を示す。以下では、図3および図4との相違点のみを説明する。

40

【0045】

基板層SUB上には、第1のトランジスタTに隣接して、さらなる横型MOS基板トランジスタTSUBが形成されている。

【0046】

これらのMOSトランジスタは、第1のスタックST1に隣接してまたはその下方に形成されている。トランジスタTのゲートGは、線路LV1と、第1のスタックST1の表面と、基板トランジスタTSUBのゲートGと、に相互接続されている。トランジスタTのソースSは、線路LV2と、基板トランジスタTSUBのドレインDと、に相互接続されている。基板トランジスタTSUBのソースSは、線路LV3と、さらなるトランジスタTWのドレインDと、に相互接続されている。

【0047】

50



図6は、パッケージ化された光結合器OPK内でスケラブルな電圧源VQを有する受信ユニットEMの第1のスタックの詳細な構造を示す。以下では、先の図との相違点のみを説明する。

【0048】

電圧源VQは、上面および下面を有し、 $N = 3$ 個のダイオードを有する第1のスタックST1を有している。この第1のスタックST1は、第1のダイオードD1と、第1のトンネルダイオードT1と、第2のダイオードD2と、第2のトンネルダイオードT2と、第3のダイオードD3と、からなる直列回路を有している。第1のスタックST1の上面には、第1の電圧接続部VSUP1が形成され、第1のスタックST1の下面には、第2の電圧接続部VSUP2が形成されている。ソース電圧は、本願によれば、実質的に個々のダイオードD1～D3の部分電圧からなっている。この目的のために、第1のスタックST1は、偏向ミラーSPを用いて、送信ユニットSの送信ダイオードSDからの光子電流Lにさらされる。送信ダイオードSDが変調された光子電流を放射する限り、第1のスタックST1内では、当該第1のスタックST1のソース電圧VQ1も変調される。

10

【0049】

ダイオードD1～D3ならびにトンネルダイオードT1およびT2を含む第1のスタックST1は、モノリシックに構成されたブロックとして実施される。トランジスタTは、2つの電圧接続部VSUP1およびVSUP2に相互接続されている。送信ユニットSおよび受信ユニットEMは、それぞれ、相互に電気的に分離された2つの接続部を有することを理解されたい。

20

【0050】

図7は、図6の光結合器の、第1のスタックST1および第2のスタックST2の好ましい配列を有するさらなる実施形態を示す。以下では、図6との相違点のみを説明する。第2のスタックST2も、第1のスタックST1のように、介在的に形成されたトンネルダイオードを伴う3つのダイオードからなる直列回路を有している。2つのスタックST1およびST2は、相互に直列に相互接続されており、それによって、当該2つのスタックST1およびST2が、送信ダイオードSDの光子電流Lにさらされる限り、第1のスタックST1のソース電圧VQ1および第2のスタックST2のソース電圧VQ2が加算される。本願によれば明確化の理由から、トランジスタTは図示されていない。第1の電圧接続部VSUP1および第2の電圧接続部VSUP2および第3の電圧接続部VSUP3は、好ましくは、図示されていないトランジスタ回路に接続することができ、本願によれば付加的に外部に案内されている。

30

【0051】

図示されていない実施形態では、2つのスタックST1およびST2は、それぞれ直列に接続された相互に異なる数のダイオードを有する。図示されていない他の実施形態では、少なくとも第1のスタックST1および/または第2のスタックST2は、直列接続された3以上のダイオードを有する。これにより、電圧源VQの電圧高さをスケラリングすることができる。好ましくは、数Nは4～8の間の範囲にある。

【0052】

図8の図面には、第1のスタックST1に対する半導体層の好ましい配列の一実施形態が示されている。以下では、図6の図面との相違点のみを説明する。第1のスタックST1は、直列に接続されたダイオードD1～D5として形成された全部で5つの部分電圧源を含む。第1のダイオードD1の表面OBには光Lが入射する。この表面OBは、ほぼもしくは完全に照明される。順次連続する2つのダイオードD1～D5の間には、それぞれ1つのトンネルダイオードT1～T4が形成されている。個々のダイオードD1～D5は表面OBから離れるにつれて、吸収領域の厚さが増加し、それによって、最下部のダイオードD5は、最も厚い吸収領域を有する。総じて、第1のスタックST1の総厚さは、 $12\mu\text{m}$ 以下である。最下部のダイオードD5の下方には、基板SUBが形成されている。

40

【0053】

図9の図面には、第1のスタックST1に対して囲繞する段状のステップを有する半導

50

体層の好ましい配列の一実施形態が示されている。以下では、先の図の図面との相違点のみを説明する。第1のスタックST1の表面OB上では、縁部Rに、金属製の第1の接続コンタクトK1が形成されている。この第1の接続コンタクトK1は、(図示されていない)第1の電圧接続部VSUP1に相互接続されている。基板SUBは、上面OSを有しており、この場合、基板SUBの上面OSは、最下部の、すなわち第5のダイオードD5に素材結合的に接続されている。ここでは、基板上に第5のダイオードが配置されて当該基板の上面OSに素材結合的に接続される前に、基板上に薄い核形成層とバッファ層とがエピタキシャル成長することを理解されたい。基板SUBの上面OSは、第1のスタックST1の下面の面積よりも大きい表面を有する。これにより、囲繞する段部STUが形成される。基板SUBの下面には、全面金属製の第2のコンタクトK2が形成されている。この第2の接続コンタクトK2は、(図示されていない)第2の電圧接続部VSUP2に相互接続されている。

【 図 1 】

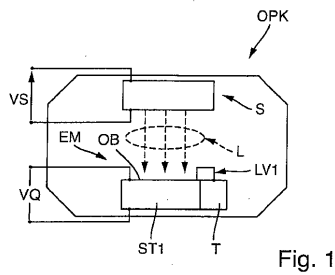


Fig. 1

【 図 4 】

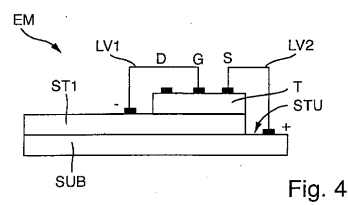


Fig. 4

【 図 2 】

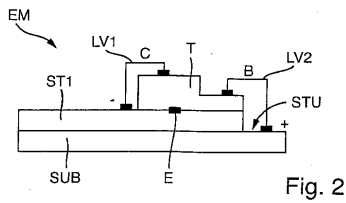


Fig. 2

【 図 5 】

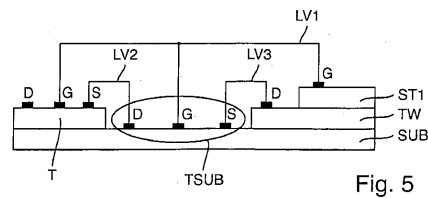


Fig. 5

【 図 3 】

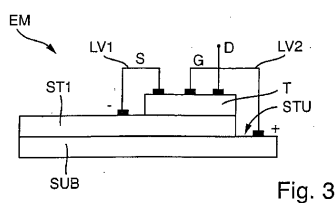
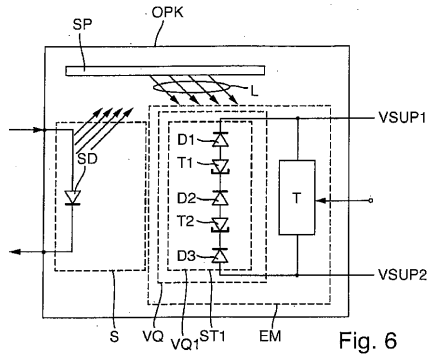
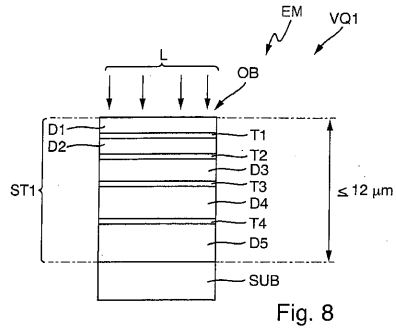


Fig. 3

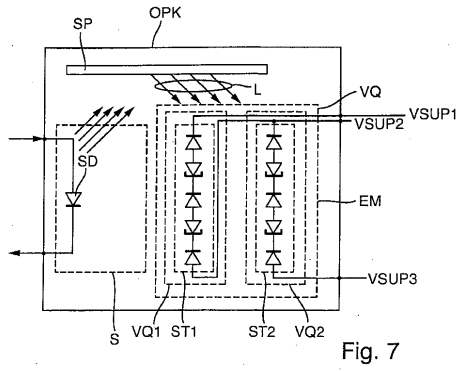
【 図 6 】



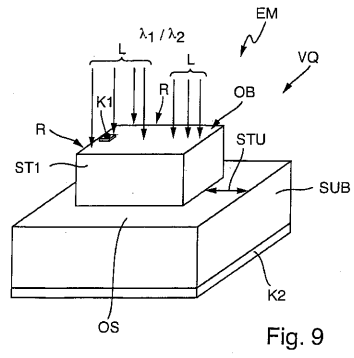
【 図 8 】



【 図 7 】



【 図 9 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2017/000121
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H01L31/167 H01L31/0304 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015/162478 A1 (FAFARD SIMON [CA] ET AL) 11 June 2015 (2015-06-11) abstract; figures 2,6,7,9,10,14,17,21,22 paragraphs [0002] - [0010], [0040], [0041], [0046], [0047], [0050] - [0053], [0058] - [0063], [0069] - [0070], [0090] - [0092], [0099] - [0105]	1-18
A	VALDIVIA CHRISTOPHER E ET AL: "Five-volt vertically-stacked, single-cell GaAs photonic power converter", PROCEEDINGS OF SPIE, vol. 9358, 16 March 2015 (2015-03-16), pages 93580E-1-93580E-8, XP060049977, DOI: 10.1117/12.2079824 ISBN: 978-1-62841-730-2 the whole document	1-18
-----		
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> 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
27 April 2017		10/05/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Sagol, Bülent Erol

1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/000121

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SCHUBERT J ET AL: "High-Voltage GaAs Photovoltaic Laser Power Converters", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, vol. 56, no. 2, February 2009 (2009-02), pages 170-175, XP011241423, ISSN: 0018-9383, DOI: 10.1109/TED.2008.2010603 the whole document	1,6-16
A	----- US 2006/048811 A1 (KRUT DIMITRI D [US] ET AL) 9 March 2006 (2006-03-09) cited in the application the whole document	1,6-16
A	----- US 4 766 471 A (OVSHINSKY STANFORD R [US] ET AL) 23 August 1988 (1988-08-23)  the whole document	1-6,8,9, 11,12, 14,17,18
A	----- US 5 644 156 A (SUZUKI TAKETOSHI [JP] ET AL) 1 July 1997 (1997-07-01) the whole document	1-5,17, 18
A	----- DE 40 05 835 A1 (AGENCY IND SCIENCE TECHN [JP]; MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD [JP]) 30 August 1990 (1990-08-30) cited in the application the whole document	1-9,11, 12,14, 17,18
A	----- US 4 996 577 A (KINZER DANIEL M [US]) 26 February 1991 (1991-02-26) cited in the application the whole document	1-6,8,9, 11,12
	-----	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/000121

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015162478 A1	11-06-2015	US 2015162478 A1 WO 2015085422 A1	11-06-2015 18-06-2015
US 2006048811 A1	09-03-2006	EP 1790016 A1 EP 2482340 A2 JP 6017106 B2 JP 2008512870 A US 2006048811 A1 WO 2006031305 A1	30-05-2007 01-08-2012 26-10-2016 24-04-2008 09-03-2006 23-03-2006
US 4766471 A	23-08-1988	NONE	
US 5644156 A	01-07-1997	JP H08148280 A US 5644156 A	07-06-1996 01-07-1997
DE 4005835 A1	30-08-1990	NONE	
US 4996577 A	26-02-1991	NONE	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000121

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>	
INV. H01L31/167 H01L31/0304 ADD.	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC	
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>	
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L	
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen	
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC	
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>	
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile
	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2015/162478 A1 (FAFARD SIMON [CA] ET AL) 11. Juni 2015 (2015-06-11) Zusammenfassung; Abbildungen 2,6,7,9,10,14,17,21,22 Absätze [0002] - [0010], [0040], [0041], [0046], [0047], [0050] - [0053], [0058] - [0063], [0069] - [0070], [0090] - [0092], [0099] - [0105] ----- A VALDIVIA CHRISTOPHER E ET AL: "Five-volt vertically-stacked, single-cell GaAs photonic power converter", PROCEEDINGS OF SPIE, Bd. 9358, 16. März 2015 (2015-03-16), Seiten 93580E-1-93580E-8, XP060049977, DOI: 10.1117/12.2079824 ISBN: 978-1-62841-730-2 das ganze Dokument ----- -/--
	1-18
	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie	
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :	
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist	
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist	
"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
27. April 2017	10/05/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Sagol, Bülent Erol

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2017/000121
---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SCHUBERT J ET AL: "High-Voltage GaAs Photovoltaic Laser Power Converters", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, Bd. 56, Nr. 2, Februar 2009 (2009-02), Seiten 170-175, XP011241423, ISSN: 0018-9383, DOI: 10.1109/TED.2008.2010603 das ganze Dokument	1,6-16
A	US 2006/048811 A1 (KRUT DIMITRI D [US] ET AL) 9. März 2006 (2006-03-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,6-16
A	US 4 766 471 A (OVSHINSKY STANFORD R [US] ET AL) 23. August 1988 (1988-08-23)  das ganze Dokument	1-6,8,9, 11,12, 14,17,18
A	US 5 644 156 A (SUZUKI TAKETOSHI [JP] ET AL) 1. Juli 1997 (1997-07-01) das ganze Dokument	1-5,17, 18
A	DE 40 05 835 A1 (AGENCY IND SCIENCE TECHN [JP]; MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD [JP]) 30. August 1990 (1990-08-30) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-9,11, 12,14, 17,18
A	US 4 996 577 A (KINZER DANIEL M [US]) 26. Februar 1991 (1991-02-26) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-6,8,9, 11,12



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000121

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015162478 A1	11-06-2015	US 2015162478 A1 WO 2015085422 A1	11-06-2015 18-06-2015
US 2006048811 A1	09-03-2006	EP 1790016 A1 EP 2482340 A2 JP 6017106 B2 JP 2008512870 A US 2006048811 A1 WO 2006031305 A1	30-05-2007 01-08-2012 26-10-2016 24-04-2008 09-03-2006 23-03-2006
US 4766471 A	23-08-1988	KEINE	
US 5644156 A	01-07-1997	JP H08148280 A US 5644156 A	07-06-1996 01-07-1997
DE 4005835 A1	30-08-1990	KEINE	
US 4996577 A	26-02-1991	KEINE	

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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

(74)代理人 100098501

弁理士 森田 拓

(74)代理人 100116403

弁理士 前川 純一

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 クレメンス ヴェヒター

ドイツ連邦共和国 ラウフェン・アム・ネッカー ベルクシュトラッセ 6

(72)発明者 ダニエル フーアマン

ドイツ連邦共和国 ハイльブロン バイ デム シュロス 16

(72)発明者 ヴォルフガング ゲーター

ドイツ連邦共和国 シュトゥットガート ラントハウスシュトラッセ 56

(72)発明者 クリストフ ペーパー

ドイツ連邦共和国 ハノーファー ガイベルシュトラッセ 69

Fターム(参考) 5F849 AA02 AA12 AA15 AB02 BA30 BB20 DA41 KA11 XB01 XB36

XB41 XB43