

(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  
2020年1月2日(02.01.2020)



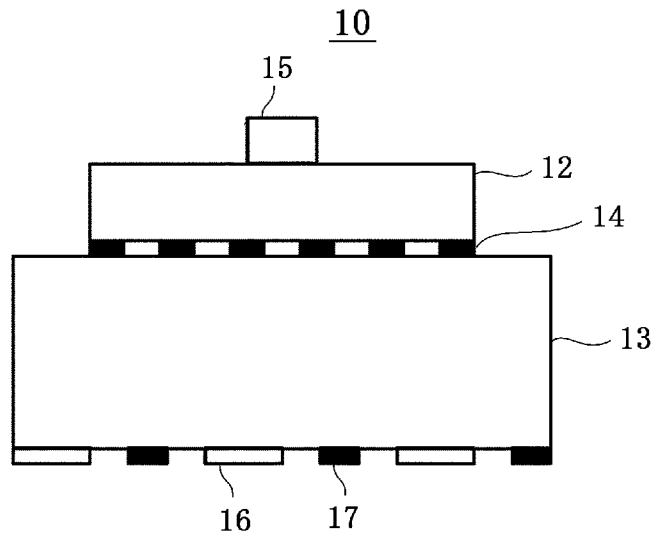
(10) 国際公開番号

**WO 2020/004475 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H01L 31/0687* (2012.01) *H01L 31/0693* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/025409
- (22) 国際出願日: 2019年6月26日(26.06.2019)
- (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 2018-124445 2018年6月29日(29.06.2018) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY)
- [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関 1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 太野 垣 健 (TAYAGAKI Takeshi); 〒3058560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 牧田 紀久夫(MAKITA Kikuo); 〒3058560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 菅谷 武芳(SUGAYA Takeyoshi); 〒3058560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (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,

(54) **Title:** MULTIJUNCTION PHOTOELECTRIC CONVERSION ELEMENT AND MULTIJUNCTION SOLAR BATTERY

(54) 発明の名称: 多接合光電変換素子及び多接合太陽電池



(57) **Abstract:** Provided are: a multijunction photoelectric conversion element which has robustness against spectrum fluctuations, which is provided with high-quality crystal sub-cells, and in which optical reflection loss in a bonded portion is reduced; a multijunction solar battery; and a manufacturing method for the multijunction photoelectric conversion element. The multijunction photoelectric conversion element is provided with: a first cell (12) which is a photoelectric conversion element positioned on the light incident side; a second cell (13) which is a photoelectric conversion element positioned on a side opposite to the light incident side; a junction layer (14) with which the first cell (12) and the second cell (13) are bonded together, and which is made from conductive nanoparticles; a first electrode (15) positioned on the light incident-side surface of the first cell (12); a second electrode (16) positioned on a surface, of the second cell (13), opposite to the light incident side; and a third electrode which is provided to the second cell (13), and which is an electrode (17) positioned on the surface opposite to the light incident side or is an intermediate electrode positioned on the first cell

WO 2020/004475 A1

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, JO, 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, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(12)-side surface. Accordingly, a high-performance multijunction photoelectric conversion element can be implemented.

(57) 要約 : スペクトル変動に対して堅牢で、高品質結晶の各サブセルを備え、接合部における光学反射損失の低減した、多接合光電変換素子、多接合太陽電池、及び多接合光電変換素子の製造方法を提供する。多接合光電変換素子において、光入射側に位置する光電変換素子の第1のセル(12)と、光入射側の反対側に位置する光電変換素子の第2のセル(13)と、前記第1のセル(12)と前記第2のセル(13)を接合する、導電性ナノ粒子からなる接合層(14)と、前記第1のセル(12)の、光入射側の面に位置する第1の電極(15)と、前記第2のセル(13)の、光入射側の反対面に位置する第2の電極(16)と、前記第2のセル(13)に設けた第3の電極であって、光入射側の反対面に位置する電極(17)、または、第1のセル(12)側の面に位置する中間電極である前記第3の電極とを備えることにより、高性能の多接合光電変換素子を実現する。

## 明 細 書

発明の名称：多接合光電変換素子及び多接合太陽電池

### 技術分野

[0001] 本発明は、複数の光電変換素子のセルを接合してなる多接合光電変換素子及び該多接合光電変換素子を備える多接合太陽電池、並びに多接合光電変換素子の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、多接合太陽電池に代表される多接合の光電変換素子の研究開発が進められている。多接合太陽電池は、バンドギャップエネルギーの異なる半導体素子からなる太陽電池セルを複数積層した構造を有する。多接合太陽電池では、異なる波長の太陽光を吸収する太陽電池セルを直列につなぎ合わせることにより、広くエネルギー分布した太陽光を効率よく利用できる。多接合太陽電池の出力電圧は、各セルの電圧の合計になるので大きくなる。

[0003] 多接合の光電変換素子や多接合太陽電池を構成するところの、個々の光電変換素子や太陽電池の各セルを、サブセルともいう。多接合太陽電池の光入射側（最表面側）に置かれている太陽電池をトップセルという。トップセルには、バンドギャップが大きい半導体を用い、それより短波長の光を吸収して長波長の光を透過させる。一方、光入射側に対して最も反対側に置かれるのがボトムセルである。ボトムセルには、バンドギャップが小さい半導体を使用し、トップセルを透過した光を吸収する。3接合太陽電池の場合、真ん中の太陽電池をミドルセルと言う。

[0004] 図11は、従来の2端子型の多接合太陽電池の模式的構造断面図である。図11のように、2端子型の多接合太陽電池は、トップセル2とボトムセル3が積層された積層構造であり、光入射側から見て表面と裏面に、電気エネルギーを取り出すための電極（トップ電極5と裏面電極6）を備える2端子構造を有する。

[0005] 図12に、図11の2端子型の多接合太陽電池の等価回路図を示す。2端

子型の多接合太陽電池において、直列に接続された各サブセルには同一の電流が流れる。図12の電流 $I_1$ と電流 $I_2$ と電流 $I_3$ が等しい。この電流整合条件のために、各サブセルにおいては、光吸収により生成された光電流量が最も低い値であるサブセルの光電流量によって、2端子型多接合太陽電池を流れる電流量が決定される。高い光電流量が生成されたサブセルにおいては、逆電流（暗電流）が生成し、流れる電流量が生成された光電流値よりも低減してしまう。また、地上で利用する際には太陽光スペクトルの変動などにより、各サブセルにおいて生成される光電流量は変動するため、電流整合条件を満たす必要のある2端子型多接合太陽電池は、太陽光スペクトル変動による損失が生じやすい。

[0006] スペクトル変動による損失を低減する方法として、電極をサブセル間に配置する4端子型等の多電極端子型の多接合デバイス構造が提案されている（非特許文献1参照）。

[0007] 図13は、4端子型の多接合太陽電池の等価回路図である。4端子型の多接合太陽電池は、トップセル2とボトムセル3を電氣的に分離した回路で構成される。各サブセルで生成された光電流（電流 $I_2$ （電流 $I_1$ ）、電流 $I_4$ （電流 $I_3$ ））が、それぞれ出力電力（電圧 $V_1$ 、電圧 $V_2$ ）として出力される。電流律速条件が課されていないため、太陽光スペクトル変動による損失が生じにくい。

[0008] 図14は、4端子型の多接合太陽電池の模式的構造断面図である。図14のように、4端子型の多接合太陽電池は、トップセル2とボトムセル3が積層された構造であり、トップセル2とボトムセル3の電力をそれぞれ出力するために、4端子を有する。4端子は、光入射側から順に、トップセル2の表面のトップ電極5と、トップセル裏面に積層される透明電極層8aに電気接続される中間電極7aと、ボトムセル3の表面に積層される透明電極層8bに設けられる中間電極7bと、ボトムセル裏面の裏面電極6とである。トップセル2の裏面の透明電極層8aと、ボトムセル3の表面の透明電極層8bの間には、透明電極層を互いに電氣的に絶縁するための絶縁接着層9が配

置される。透明電極層及び絶縁接着層には、光吸収損失を低減するために透明な材料が用いられる。

[0009] 図15は、3端子型の多接合太陽電池の等価回路図である。3端子型の多接合太陽電池は、トップセル2とボトムセル3の間に中間電極を配置した回路で構成される。図15のように、トップセルに流れる電流を $I_2$ 、ボトムセルに流れる電流を $I_3$ 、各端子に流れる電流を（電流 $I_1$ 、電流 $I_4$ 、電流 $I_5$ ）、多接合デバイスの電圧を $V_1$ 、ボトムセルの電圧を $V_2$ で表す。トップセルまたはボトムセルで生じた余剰の光電流は、中間電極を介して電力として出力される。これにより、トップセルとボトムセルは電流整合条件を満たす必要がなくなり、スペクトル変動等によりトップセルとボトムセルで生成される光電流量が不均等になった場合にも、余剰の暗電流を生成せずに済む。

[0010] 図16は、従来の3端子型の多接合太陽電池の構造図である。3端子は、光入射側から順に、トップセル2の表面のトップ電極5と、中間電極7と、ボトムセル裏面の裏面電極6とである。図16のように、3端子型の多接合太陽電池は、トップセル2とボトムセル3を連続して成長させて積層構造を作製し、該積層構造の間に中間電極7を後から取り付ける方法で作製されてきた。例えば、Si系のボトムセル上にGaAs系のトップセルを直接結晶成長させる方法により、多接合型太陽電池を作製する方法が知られている（非特許文献2参照）。

[0011] 図17は、非特許文献3に示された3端子型太陽電池である。トップセル2にトップ電極5を設け、ボトムセル3裏面に交互電極6a、6bを形成した3端子型太陽電池が提案されている。しかし、トランジスタ構造と類似の構造（np/p-(p, n)）となっており、多接合太陽電池（np/np）とは回路構成が異なっている。

[0012] 本発明者らは、先に、導電性ナノ粒子を用いた接合によりトップセルとボトムセルを貼り合わせることにより、異種半導体材料のサブセルからなる多接合太陽電池を、提案した（特許文献1、非特許文献4、非特許文献5参照）。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0013] 特許文献1：特許第5875124号

### 非特許文献

[0014] 非特許文献1：M. A. Steiner et al., IEEE J. Photovoltaics, 6, 358 (2016).

非特許文献2：T. Soga, M. Yang, T. Jimbo, and M. Umeno, “High-Efficiency Monolithic Three-Terminal GaAs/Si Tandem Solar Cells Fabricated by Metalorganic Chemical Vapor Deposition” Jpn. J. Appl. Phys. 35, 1401 (1996).

非特許文献3：Tomonori Nagashima et al., IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE 1193-1196, 2000).

非特許文献4：T. Tayagaki, K. Makita, H. Mizuno, R. Oshima, and T. Sugaya, “Investigation of the open-circuit voltage in mechanically stacked InGaP/GaAs//InGaAsP/InGaAs solar cells” , Jpn. J. Appl. Phys. 56, 08MC01 (2017).

非特許文献5：H. Mizuno, K. Makita, T. Tayagaki, T. Mochizuki, H. Takato, and T. Sugaya, “High-efficiency III-V//Si tandem solar cells enabled by the Pd nanoparticle array-mediated “smart stack” approach” , Appl. Phys. Express 10, 072301 (2017).

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0015] 従来技術の2端子構造の多接合光電変換素子は、高い光電流量が生成されたサブセルにおいて、逆電流（暗電流）が生成し、流れる電流量が生成された光電流値よりも低減してしまうという問題がある。また、電流整合条件を満たす必要のある2端子型多接合太陽電池は、太陽光スペクトルの変動などにより、各サブセルにおいて生成される光電流量が変動するため、太陽光ス

ペクトル変動による損失が生じやすいという問題がある。

[0016] 従来技術の4端子型の多接合デバイスにおいては、トップセルとボトムセルの接合部に、透明電極層及び絶縁接着層を設ける必要があった。このように、接合部には、光吸収損失を低減するために透明な材料を用いる必要があった。しかし、接合部の全材料を透明にしても、トップセルとボトムセルの間に挿入される透明電極・透明な接着剤による光学反射損失やトップセルの結晶品質が低下してしまう問題がある。また、半導体／透明電極層および透明電極層／絶縁接着層における屈折率の違いに起因した光学反射が生じてしまい、損失要因となってしまうという問題がある。

[0017] 従来技術の3端子型の多接合デバイスの例のように、Siボトムセル上にGaAsトップセルを直接結晶成長する製造方法では、GaAs結晶の品質が低下してしまい、良好な太陽電池特性が得られないという問題がある。

[0018] 非特許文献3に示された従来技術は、多接合太陽電池(np/np)とは回路構成が異なっている。即ち、非特許文献3は、次の問題を解決するために裏面交互電極が設けられたものである。通常の入射光側の電極は入射光を遮りセルに影を生じてしまうため、電流生成の損失要因となっていた。この電極による光反射・散乱損失を解消する方法として、裏面交互型電極が導入された。これによって、入射面側での電極による光損失が低減され、高い電流生成が実現している。非特許文献3は、pn接合の直列接続になっていないので、タンデム(2つが縦に並んでいる構造)ではあるが、本願が目的とする多接合太陽電池のようにpn接合を直列に接合することによって高い電圧が得られるような構造になっていない。

[0019] また、従来技術の導電性ナノ粒子による接合を用いる提案は、2端子構造に関する技術であり、多接合太陽電池における電流律速による制限を解決できていなかった。

[0020] 本発明は、これらの問題を解決しようとするものであり、スペクトル変動に対して堅牢で、高品質結晶の各サブセルを備え、接合部における光学反射損失の低減した、多接合光電変換素子を提供することを目的とする。前記多

接合光電変換素子の製造方法を提供することを目的とする。また、前記多接合光電変換素子を備える多接合太陽電池を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0021] 本発明は、前記目的を達成するために、以下の特徴を有するものである。

[0022] (1) 多接合光電変換素子であって、光入射側に位置する光電変換素子の第1のセルと、光入射側の反対側に位置する光電変換素子の第2のセルと、前記第1のセルと前記第2のセルを接合する、導電性ナノ粒子からなる接合層と、前記第1のセルの、光入射側の面に位置する第1の電極と、前記第2のセルの、光入射側の反対面に位置する第2の電極と、前記第2のセルに設けた第3の電極であって、光入射側の反対面に位置する電極、または、第1のセル側の面に位置する中間電極である前記第3の電極と、を備えることを特徴とする多接合光電変換素子。

(2) 前記第3の電極を利用して、前記第1のセル又は前記第2のセルに生じた余剰の光電流を電力として取り出すことを特徴とする前記(1)記載の多接合光電変換素子。

(3) 前記第2のセルの表面積は、前記第1のセルの表面積より大であることを特徴とする前記(1)又は(2)記載の多接合光電変換素子。

(4) 前記導電性ナノ粒子の表面は有機分子で覆われていないことを特徴とする前記(1)乃至(3)のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子。

(5) 前記接合層は、前記導電性ナノ粒子からなる接合層の厚みが、5ナノメートル以上50ナノメートル以下であることを特徴とする前記(1)乃至(4)のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子。

(6) 前記多接合光電変換素子の前記セルが、結晶Si系、アモルファスSi系、微結晶Si系、有機系、もしくは、カルコパイライト系材料を用いた単接合太陽電池、またはGaAs、InP、GaSb、もしくは、Ge基板上等に積層された2接合以上からなる太陽電池であることを特徴とする前記(1)乃至(5)のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子。

(7) 前記(1)乃至(6)のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子

を備える多接合型太陽電池。

(8) 光入射側に位置する光電変換素子の第1のセルと、光入射側の反対側に位置する光電変換素子の第2のセルと、を備える多接合光電変換素子の製造方法であって、前記第2のセルに、光入射側の反対面に位置する第2の電極を形成すると共に、光入射側の反対面に位置する第3の電極、または、第1のセル側の面に位置する中間電極となる第3の電極を設ける工程と、前記第1のセルを前記第2のセルに、有機分子で覆われていない導電性ナノ粒子により接合する接合工程と、前記第1のセルの、光入射側の面に第1の電極を形成する工程と、を備えることを特徴とする多接合光電変換素子の製造方法。

### 発明の効果

[0023] 本発明の多接合光電変換素子は、異種材料からなるサブセルを用い、導電性ナノ粒子からなる接合層により接合し、かつ3端子を設けることにより、広くエネルギー分布した太陽光等を高効率で利用可能とし、かつ多接合太陽電池を構成する各サブセルに生じる光電流値の不均衡による損失を抑制するという効果を奏する。よって、本発明の多接合光電変換素子は、スペクトル変動に対して堅牢である。また、本発明の多接合光電変換素子は、導電性ナノ粒子による接合層により各サブセルが接合されるので、各サブセルを高品質結晶で構成することが可能であり、各サブセルが高性能である。また、本発明の多接合光電変換素子は、接合層が導電性ナノ粒子からなる接合層であることにより、接合部における光学反射損失の低減した多接合光電変換素子を実現できる。

[0024] 本発明の多接合太陽電池は、前記本発明の多接合光電変換素子から構成されるので、広くエネルギー分布した太陽光等を高効率で利用可能とし、かつスペクトル変動に対して堅牢である。

[0025] 本発明の多接合光電変換素子の製造方法では、予め形成した第2及び第3の電極付きの光電変換素子をボトムセルに用い、これとトップセルを貼り合わせることによって、高結晶品質のセルをそれぞれ使用できるので、従来の3

端子型デバイスと比較して、高性能の多接合光電変換素子を製造できる。

### 図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明の第1の基本構造の光電変換素子の模式的構造断面図である。
- [図2]本発明の第1の基本構造の光電変換素子の斜視図である。
- [図3]本発明の第1の基本構造における、交互裏面電極を形成したボトムセルの下面図である。
- [図4]本発明の第2の基本構造の光電変換素子の模式的構造断面図である。
- [図5]本発明の第2の基本構造の光電変換素子の斜視図である。
- [図6]本発明の第2の基本構造における、中間電極を形成したボトムセルの上面図である。
- [図7]本発明の第1の実施形態の模式的構造断面図である。
- [図8]本発明の第2の実施形態の模式的構造断面図である。
- [図9]本発明の第3の実施形態の模式的構造断面図である。
- [図10]本発明の第4の実施形態の模式的構造断面図である。
- [図11]従来の2端子型の多接合太陽電池の模式的構造断面図である。
- [図12]従来の2端子型の多接合太陽電池の等価回路図である。
- [図13]従来の4端子型の多接合太陽電池の等価回路図である。
- [図14]従来の4端子型の多接合太陽電池の模式的構造断面図である。
- [図15]従来の3端子型の多接合太陽電池の等価回路図である。
- [図16]従来の3端子型の多接合太陽電池の模式的構造断面図である。
- [図17]従来の3端子型の太陽電池の模式的構造断面図である。

### 発明を実施するための形態

- [0027] 本発明の実施形態について以下説明する。
- [0028] 本発明者らは、複数の光電変換素子のセルが接合された光電変換素子において、接合構造と端子構造の開発により、太陽光エネルギー等の高効率化、及び太陽光のスペクトル変動による損失の軽減を実現したものである。
- [0029] 本発明の実施形態の多接合光電変換素子は、複数の光電変換素子のセルが接合されてなる光電変換素子に関し、光入射側に位置する光電変換素子の第

1のセル（以下、「トップセル」ともいう。）と、光入射側の反対側に位置する光電変換素子の第2のセル（以下、「ボトムセル」ともいう。）と、前記第1のセルと前記第2のセルを接合する、有機分子で覆われていない導電性ナノ粒子からなる接合層と、を含む積層構造を有する。

[0030] 本発明の実施形態の多接合光電変換素子は、3つの電極からの端子を有するので、3端子型の多接合光電変換素子である。3端子は、前記第1のセルの、光入射側の面に位置する第1の電極の端子と、前記第2のセルの、光入射側の反対面に位置する第2の電極の端子と、前記第2のセルに設けた第3の電極の端子である。第3の電極は、光入射側の反対面に位置する電極、または、第1のセル側の面に位置する中間電極のいずれか1つである。

[0031] 第3の電極を光入射側の反対面に位置する電極で構成した、3端子型の多接合光電変換素子（以下、「第1の基本構造」という。）について、図1乃至3を参照して説明する。図1は、3端子型多接合光電変換素子の第1の基本構造10の模式的構造断面図である。図2は、第1の基本構造の斜視図である。図3は、第1の基本構造のボトムセルの裏面の交互電極16、17を説明する図である。裏面の交互電極の一方がn型で、他方がp型である。第1の基本構造は、トップセル12とボトムセル13とこれらを接合する導電性ナノ粒子からなる接合層14からなる積層構造を備え、トップセルの光入射側面にトップ電極15を備え、ボトムセル13の裏面に、従来の第2の電極の他に、さらに、第3の電極を設けた電極構造を有する。ボトムセル13の裏面における電極構造は、第2の電極と第3の電極とが交互に配置された交互電極構造を有する。細い線状の電極が並列に配置された電極部分を、グリッドとも呼ぶ。交互電極構造を構成する第2の電極と第3の電極は、それぞれ交互電極部分より太い線（バスバー電極）等で接続されて、第2の電極、第3の電極を構成する。例えば、第2の電極と、第3の電極を、それぞれ楕形とし、それぞれの楕形の楕歯が交互に入り込む構造とすることができる。なお、楕形に限定されない。

[0032] 第1の基本構造は、前記3端子型の多接合太陽電池のpn接合の位置が裏

面側に移動しているが、等価回路図としては図15と同じである。トップ電極15と電極17の間にはトップセル12とボトムセル13で生成された電圧を足し合わせた電圧が生じる。例えば、トップセル12で生成された電流 $I_2$ がボトムセル13で生成された電流 $I_3$ よりも小さい場合には、トップ電極15と電極17の間を流れる電流はトップセル12で生成された電流 $I_2$ で律速されるため、電流 $I_2$ が流れる。また、電極16と電極17の間には、ボトムセル13で生成された電圧が生じる。ボトムセル13で生じた電流 $I_3$ のうちトップ電極15と電極17の間に流れる電流を差し引いた電流 $I_5$  ( $= I_3 - I_2$ ) が流れる。第1の電極（トップ電極）と第2の電極（裏面交互電極の一方）とにより、第1のセル（トップセル）に生じた余剰の光電流を電力として取り出し、第2の電極（裏面交互電極の一方）と第3の電極（裏面交互電極の他方）とにより、第2のセル（ボトムセル）に生じた余剰の光電流を電力として取り出す。

[0033] 第3の電極を、第1のセル側の面に位置する中間電極で構成した、多接合光電変換素子（以下、「第2の基本構造」という。）について、図4乃至6を参照して説明する。図4は、3端子型多接合光電変換素子の第2の基本構造20の模式的構造断面図である。図5は、第2の基本構造の斜視図である。図6は、第2の基本構造の、中間電極を形成したボトムセルの上面図である。第2の基本構造は、トップセル22とボトムセル23とこれらを接合する導電性ナノ粒子からなる接合層24とからなる積層構造を備え、トップセルの光入射側にトップ電極25を設け、ボトムセル23の裏面に第2の電極26を設け、さらに、ボトムセル23の上面（トップセル側の面）に中間電極27となる第3の電極を設けた電極構造を有する。中間電極27は、ボトムセル23の上面であれば、トップセル22との接合部以外の位置であればどこでもよい。図6(a)(b)は、細い電極線が並列に配置されたグリッドと、該グリッドを接続するより太い電極（バスバー電極）とからなる中間電極である。(a)は楕形の例であり、(b)はバスバー電極を複数設ける例である。なお、中間電極の形状は特に限定されない。グリッドを細い電線

で構成して遮光しないことが好ましい。

[0034] 第2の基本構造の等価回路図は、前記3端子型の多接合太陽電池の等価回路図(図15)と同じである。第1の電極(トップ電極)と第2の電極(裏面電極)、または、第1の電極(トップ電極)と第3の電極(中間電極)とにより、第1のセル(トップセル)に生じた余剰の光電流を電力として取り出し、第2の電極(裏面電極)と第3の電極(中間電極)とにより、第2のセル(ボトムセル)に生じた余剰の光電流を電力として取り出す。

[0035] 複数の光電変換素子セルの各表面積のサイズは適宜設計することができる。光電流量が均等となり電流整合条件が満たされるように、各セルの表面積サイズを調整して設計することが好ましい。例えば、表面積がトップセルよりも大きなボトムセルを用いることにより、ボトムセルの電流がトップセルの電流より小さくならないようにすることが好ましい。

[0036] 本発明における光電変換素子のセルは、例えば太陽電池のセルである。本発明における光電変換素子の第1又は第2のセルは、具体的には、結晶Si系、アモルファスSi系、微結晶Si系、有機系、もしくは、カルコパイライト系材料を用いた単接合太陽電池、またはGaAs、InP、GaSb、もしくは、Ge基板上等に積層された2接合以上からなる太陽電池である。

[0037] 本発明の多接合光電変換素子は、光入射側に配置される光電変換素子の第1のセルと光入射側の反対側に配置される光電変換素子の第2のセルとから構成される。

[0038] 本発明の光電変換素子は、太陽光を対象とする太陽電池に限定されない。

[0039] 本発明の第1のセルと前記第2のセルを接合する接合層は、有機分子で覆われていない導電性ナノ粒子からなる。本発明において、トップセルとボトムセルの間には透明電極および透明接着剤は挿入されていない。

[0040] 導電性ナノ粒子のサイズは、5ナノメートル以上50ナノメートル以下であることが好ましい。その理由は、導電性ナノ粒子接着層における反射損失を低減させるためには導電性ナノ粒子からなる接合層の厚さが5ナノメートル以上50ナノメートル以下であることが好ましいからである。導電性ナノ

粒子としては、Pd、Au、Ag、Pt、Ni、Al、Zn、In等の金属ナノ粒子、ZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の金属酸化物ナノ粒子などが挙げられる。導電性ナノ粒子の形状は、球状、半球状、円柱状、楕円球状等が挙げられる。導電性ナノ粒子の接合層方向のサイズは、良好な導電性を得るために10ナノメートル以上であることが好ましい。一方、ナノ粒子による光の吸収・散乱を抑制するために100ナノメートル以下であることが好ましい。なお、本発明における「導電性ナノ粒子のサイズD」は、次のように定義される。

$$D = (\sum D_i) / n$$

[ここで、Dは導電性ナノ粒子のサイズ、D<sub>i</sub>は所定の観察領域に存在する任意の粒子の粒子径〔=(長径+短径)/2〕、nは該観察領域に存在する粒子の個数(nは統計処理上十分に大きな数、通常20以上)]

[0041] 接合層における導電性ナノ粒子の配列間隔は、導電性ナノ粒子サイズの2倍以上10倍以下が好ましい。接合層における導電性ナノ粒子は、有機分子等の保護膜や接着用材料で覆われておらず、個々の独立した粒子が均一に配列した単一層(モノレイヤー)である。導電性ナノ粒子の配列間隔は、光を良く透過させるためにナノ粒子のサイズの少なくとも2倍以上の距離を有していることが好ましい。より好ましくは3倍以上である。

[0042] 本実施形態の3端子型の多接合光電変換素子の第1の基本構造を製造する方法は、次の工程を備える。(工程3)は、(工程1)(工程2)のいずれか又は両方に先立って行ってもよい。

(工程1) ボトムセルの光入射側の反対面に、第2の電極と第3の電極を形成する工程。

(工程2) トップセルを、工程1で電極を形成済みのボトムセルに、有機分子で覆われていない導電性ナノ粒子により接合する接合工程。

(工程3) トップセルの光入射側の面に第1の電極を形成する工程。

[0043] 本実施形態の3端子型の多接合光電変換素子の第2の基本構造を製造する方法は、次の工程を備える。(工程3)は、(工程1)(工程2)のいずれか又は両方に先立って行ってもよい。

(工程 1) ボトムセルに、光入射側の反対面に位置する第 2 の電極を形成すると共に、ボトムセルの光入射側の面に中間電極となる第 3 の電極を設ける工程。

(工程 2) トップセルを、工程 1 で電極を形成済みのボトムセルに、有機分子で覆われていない導電性ナノ粒子により接合する接合工程。

(工程 3) トップセルの光入射側の面に第 1 の電極を形成する工程。

[0044] (第 1 の実施形態)

本発明の第 1 の実施形態の多接合光電変換素子について、図 7 を参照して以下説明する。本実施形態は、第 1 の基本構造の例である。図 7 は、裏面交互電極構造の GaAs/Si 多接合太陽電池 30 の模式断面図である。トップセルとして、p 型 GaAs 層 32 の光入射側に n 型 GaAs 層 31 を形成した GaAs 太陽電池を用いる。トップセルは、光入射側にトップ電極 35 を備える。ボトムセルとして、n 型 Si 層 33 の基板の裏面側に n 型および p 型の電極 (n 型裏面電極 37、p 型裏面電極 36) を交互に形成した Si 太陽電池を用いる。n 型 Si 層 33 の基板の裏面側の一部領域に、p 型 Si 部 38 の領域が形成され、該 p 型 Si 38 に接続する p 型裏面電極 36 が形成されている。導電性ナノ粒子からなる接合層 34 を用いてトップセルとボトムセルを張り合わせることで、3 端子型多接合太陽電池を構成する。導電性ナノ粒子は Pd 粒子を用いる。通常の太陽光スペクトルにより、GaAs トップセルおよび Si ボトムセルにおいては、それぞれ、約 30 mA/cm<sup>2</sup> および 10 mA/cm<sup>2</sup> の電流が生成される。トップセルのサイズよりも大きなボトムセルを用いることで、トップセルとボトムセルで生じる光電流量が均等となり電流整合条件が満たされるように、サブセルのサイズ (表面積) を調整する。また、太陽光のスペクトル変動によりボトムセルに生じた余剰の光電流は裏面交互電極から電力として取り出す。

[0045] (第 2 の実施形態)

本発明の第 2 の実施形態の多接合光電変換素子について、図 8 を参照して以下説明する。本実施形態は、第 2 の基本構造の例である。図 8 は、中間電

極構造のGaAs/Si多接合太陽電池40の模式断面図である。トップセルとして、p型GaAs層42の光入射側にn型GaAs層41を形成したGaAs太陽電池を用いる。トップセルは、光入射側にトップ電極45を備える。ボトムセルとして、p型Si層49の基板の光入射側に、n型Si層48および中間電極47を形成したSi太陽電池を用いる。ボトムセルの裏面側にp型裏面電極46を備える。導電性ナノ粒子からなる接合層44を用いてトップセルとボトムセルを張り合わせることで、3端子型多接合太陽電池を構成する。導電性ナノ粒子はPdナノ粒子を用いる。通常の太陽光スペクトルにより、GaAsトップセルおよびSiボトムセルにおいては、それぞれ、約30mA/cm<sup>2</sup>および10mA/cm<sup>2</sup>の電流が生成される。トップセルのサイズよりも大きなボトムセルを用いることで、トップセルとボトムセルで生じる光電流量が均等となり電流整合条件が満たされるように、サブセルのサイズ（表面積）を調整する。また、太陽光のスペクトル変動によりGaAsトップセルにおいて余剰に生じた光電流は、中間電極とトップ電極を使って電力としてとり出す。ボトムセルに生じた余剰の光電流は裏面電極と中間電極を使って電力として取り出す。

[0046]（第3の実施形態）

本発明の第3の実施形態の多接合光電変換素子について、図9を参照して以下説明する。本実施形態は、第1の基本構造の例である。図9は、裏面交互電極構造のGaAs/GaAs/Si多接合太陽電池50の模式断面図である。トップセルとして、GaAsサブセル（n型GaAs層51とp型GaAs層52で構成される）とトンネル接合層53とGaAsサブセル（n型GaAs層58とp型GaAs層59で構成される）とからなるGaAs<sub>2</sub>接合太陽電池を、用いる。GaAs層の層厚さを調整することで、通常の太陽光スペクトルにより、GaAs<sub>1</sub>接合太陽電池の約2倍の電圧及び約1/2の電流（約15mA/cm<sup>2</sup>）が生じるようになる。トップセルは、光入射側にトップ電極55を備える。ボトムセルとして、n型Si層61の基板の裏面側にn型およびp型の電極（n型裏面電極57、p型裏面電極56

)を交互に形成したSi太陽電池を用いる。n型Si層61の基板の裏面側の一部領域に、p型Si62の領域が形成され、該p型Si62に接続するp型裏面電極56が形成されている。

[0047] 導電性ナノ粒子からなる接合層54を用いてトップセルとボトムセルを張り合わせるにより、3端子型多接合(3接合)太陽電池を構成する。導電性ナノ粒子はPdナノ粒子を用いる。Siボトムセルにおいては、約10 mA/cm<sup>2</sup>の電流が生成される。トップセルのサイズよりも大きなボトムセルを用いることで、トップセルとボトムセルで生じる光電流量が均等となり電流整合条件が満たされるように、サブセルのサイズ(表面積)を調整する。また、太陽光のスペクトル変動によりボトムセルに生じた余剰の光電流は裏面交互電極から電力として取り出す。

[0048] また、高さ10ナノメートル以上の導電性ナノ粒子を用いた接合界面においては、GaAs層/金属ナノ粒子界面へ斜入射した光は、界面で全反射を起こす。スペクトル変動などによりGaAsサブセル間における電流整合条件が崩れた場合にも、暗電流生成により生じる発光をGaAs層/空気界面およびGaAs層/金属ナノ粒子界面で反射することで、GaAs層内に閉じ込め光吸収させ、GaAs層での再光電流生成に利用することにより、GaAsサブセルとGaAsサブセル間の光電流生成量の調節を行うこともできる。よって、トップセルが同一の材料からなる2つ以上のサブセルから構成される場合は、10ナノメートル以上の導電性ナノ粒子がより好ましい。

[0049] (第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態の多接合光電変換素子について、図10を参照して以下説明する。本実施形態は、第2の基本構造の例である。図10は、中間電極構造のGaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs多接合太陽電池70の模式断面図である。

[0050] トップセルとして、GaInPサブセル(n型GaInP層71とp型GaInP層72で構成される)とトンネル接合層73とGaAsサブセル(n型GaAs層78とp型GaAs層79で構成される)とからなるGaI

nP/GaAs 2 接合太陽電池を、用いる。GaInP 層の層厚さを調整することで、通常の太陽光スペクトルにより、約  $15 \text{ mA/cm}^2$  が生じるようになる。トップセルは、光入射側にトップ電極 75 を備える。

[0051] ボトムセルとして、GaInAsP サブセル (n 型 GaInAsP 層 80 と p 型 GaInAsP 層 81 で構成される) とトンネル接合層 82 および GaInAs サブセル (n 型 GaInAs 層 83 と p 型 GaInAs 層 84 で構成される) とからなる GaInAsP/GaInAs 2 接合太陽電池を用いる。ボトムセルは、p 型 GaInAsP 層 81 の光入射側に位置する n 型 GaInAsP 層 80 上の接合面以外の一部に中間電極 77 を形成した太陽電池を用いる。ボトムセルの裏面側に p 型裏面電極 76 を備える。

[0052] 導電性ナノ粒子からなる接合層 74 を用いてトップセルとボトムセルを張り合わせることにより、3 端子型多接合 (4 接合) 太陽電池を構成する。トップセルのサイズよりも大きなボトムセルを用いることで、トップセルとボトムセルで生じる光電流量が均等となり電流整合条件が満たされるように、サブセルのサイズ (表面積) を調整する。また、太陽光のスペクトル変動により GaInP/GaAs トップセルにおいて余剰に生じた光電流は、中間電極とトップ電極を使って電力としてとりだす。GaInAsP/GaInAs ボトムセルに生じた余剰の光電流は、裏面電極と中間電極を使って電力として取り出す。

[0053] 以上、上記実施形態では、本発明の多接合光電変換素子について、複数種類の太陽電池の例で示した。本発明で用いる光電変換素子のセルは、例示したものに制限されない。

[0054] 上記実施形態等で示した例は、発明を理解しやすくするために記載したものであり、この形態に限定されるものではない。

### 産業上の利用可能性

[0055] 本発明の光電変換素子又は太陽電池は、太陽光等の光エネルギーの利用効率が向上すると共に、太陽光のスペクトル変動に堅牢なデバイスであるので、産業上有用である。

## 符号の説明

- [0056] 2、12、22 トップセル  
3、13、23 ボトムセル  
5、15、25、35、45、55、75 トップ電極  
6 裏面電極  
6a、6b 交互電極  
7、7a、7b、27、47、77 中間電極  
8a、8b 透明電極層  
9 絶縁接着層  
10 第1の基本構造  
14、24、34、44、54、74 導電性ナノ粒子からなる接合層  
16、17 (第2の電極と第3の電極の) 交互電極  
20 第2の基本構造  
26 第2の電極  
30 裏面交互電極構造のGaAs//Si多接合太陽電池  
31、41、51、58、78 n型GaAs層  
32、42、52、59、79 p型GaAs層  
33、48、61 n型Si層  
36、46、56、76 p型裏面電極  
37、57 n型裏面電極  
38、62 p型Si  
40 中間電極型GaAs//Si多接合太陽電池  
49 p型Si層  
50 裏面交互電極構造のGaAs/GaAs//Si多接合太陽電池  
53、73、82 トンネル接合層  
70 中間電極構造のGaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs多接合太陽電池  
71 n型GaInP層

- 72 p型GaInP層
- 80 n型GaInAsP層
- 81 p型GaInAsP層
- 83 n型GaInAs層
- 84 p型GaInAs層

## 請求の範囲

- [請求項1] 多接合光電変換素子であって、  
光入射側に位置する光電変換素子の第1のセルと、  
光入射側の反対側に位置する光電変換素子の第2のセルと、  
前記第1のセルと前記第2のセルを接合する、導電性ナノ粒子からなる接合層と、  
前記第1のセルの、光入射側の面に位置する第1の電極と、  
前記第2のセルの、光入射側の反対面に位置する第2の電極と、  
前記第2のセルに設けた第3の電極であって、光入射側の反対面に位置する電極、または、第1のセル側の面に位置する中間電極である前記第3の電極と、  
を備えることを特徴とする多接合光電変換素子。
- [請求項2] 前記第3の電極を利用して、前記第1のセル又は前記第2のセルに生じた余剰の光電流を電力として取り出すことを特徴とする請求項1記載の多接合光電変換素子。
- [請求項3] 前記第2のセルの表面積は、前記第1のセルの表面積より大であることを特徴とする請求項1又は2記載の多接合光電変換素子。
- [請求項4] 前記導電性ナノ粒子の表面は有機分子で覆われていないことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子。
- [請求項5] 前記接合層は、前記導電性ナノ粒子からなる接合層の厚みが、5ナノメートル以上50ナノメートル以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子。
- [請求項6] 前記多接合光電変換素子の前記セルが、結晶Si系、アモルファスSi系、微結晶Si系、有機系、もしくは、カルコパイライト系材料を用いた単接合太陽電池、またはGaAs、InP、GaSb、もしくは、Ge基板上等に積層された2接合以上からなる太陽電池であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子。

[請求項7] 請求項1乃至6のいずれか1項に記載の多接合光電変換素子を備える多接合型太陽電池。

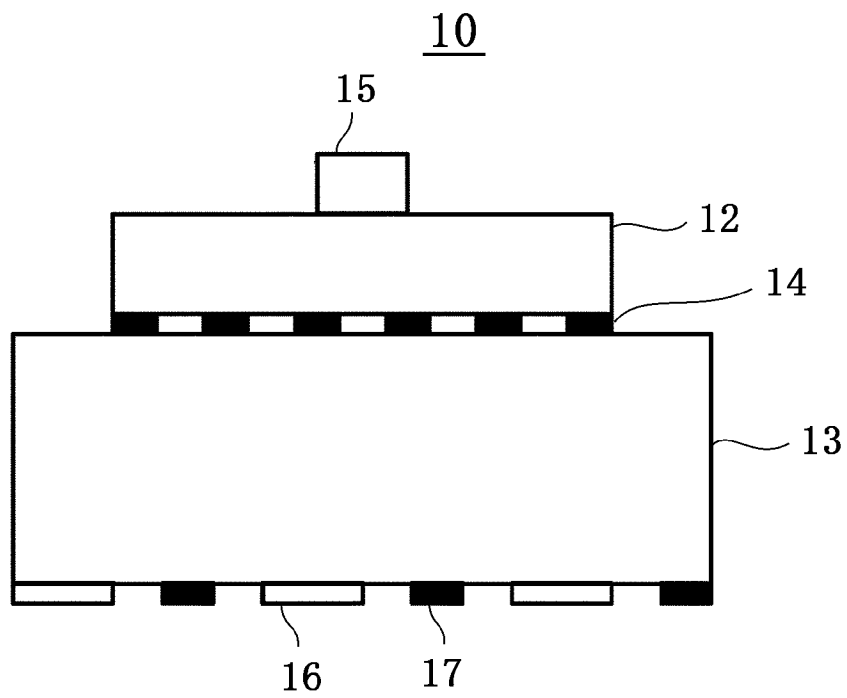
[請求項8] 光入射側に位置する光電変換素子の第1のセルと、光入射側の反対側に位置する光電変換素子の第2のセルと、を備える多接合光電変換素子の製造方法であって、

前記第2のセルに、光入射側の反対面に位置する第2の電極を形成すると共に、光入射側の反対面に位置する第3の電極、または、第1のセル側の面に位置する中間電極となる第3の電極を設ける工程と、

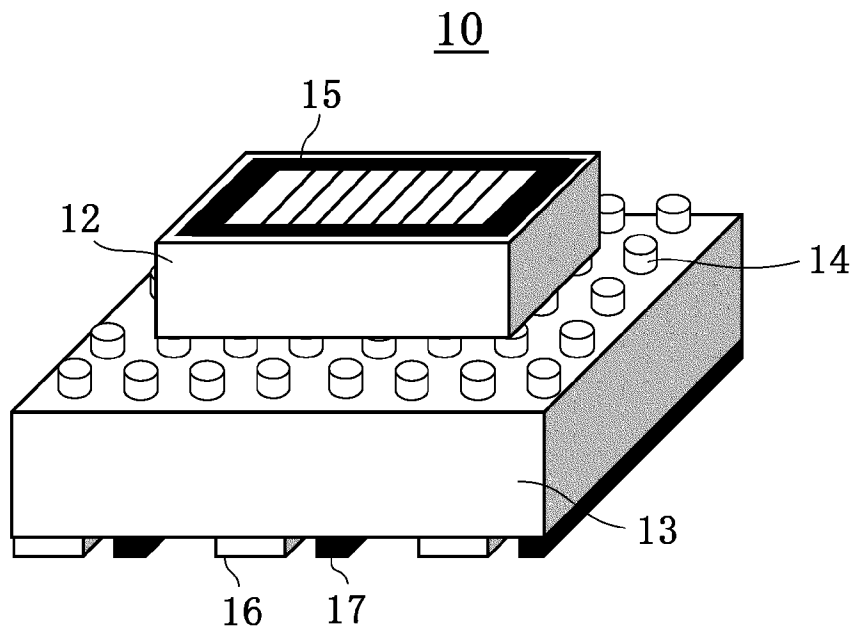
前記第1のセルを前記第2のセルに、有機分子で覆われていない導電性ナノ粒子により接合する接合工程と、

前記第1のセルの、光入射側の面に第1の電極を形成する工程と、を備えることを特徴とする多接合光電変換素子の製造方法。

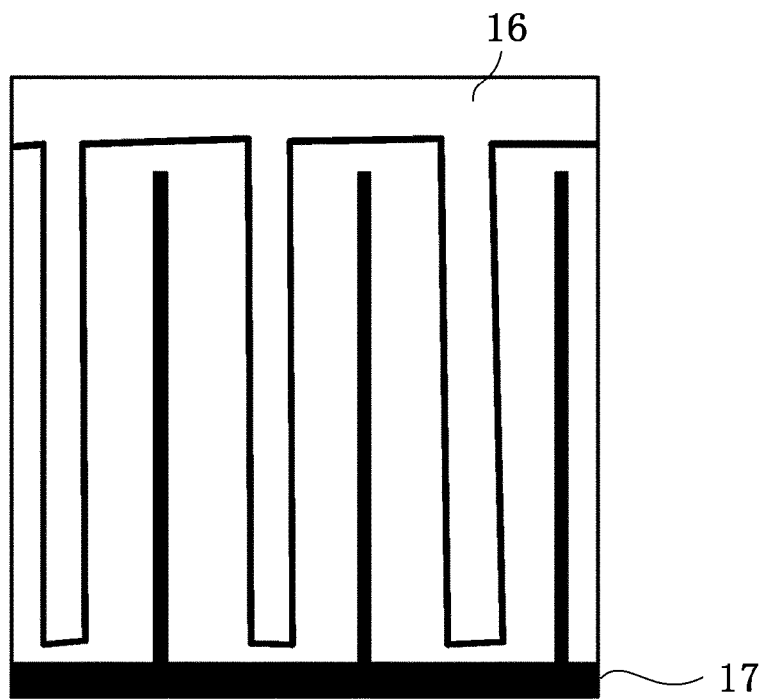
[図1]



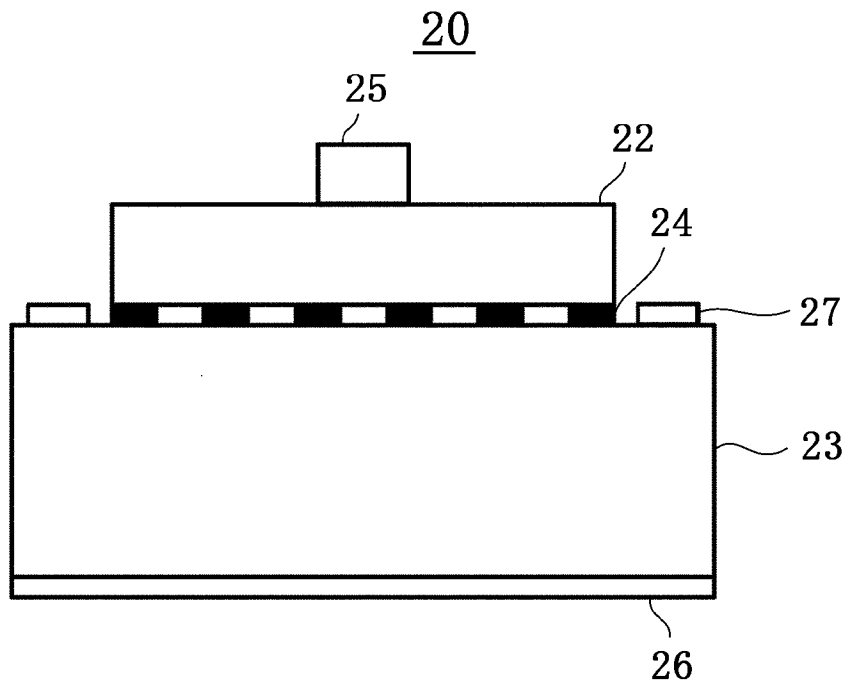
[図2]



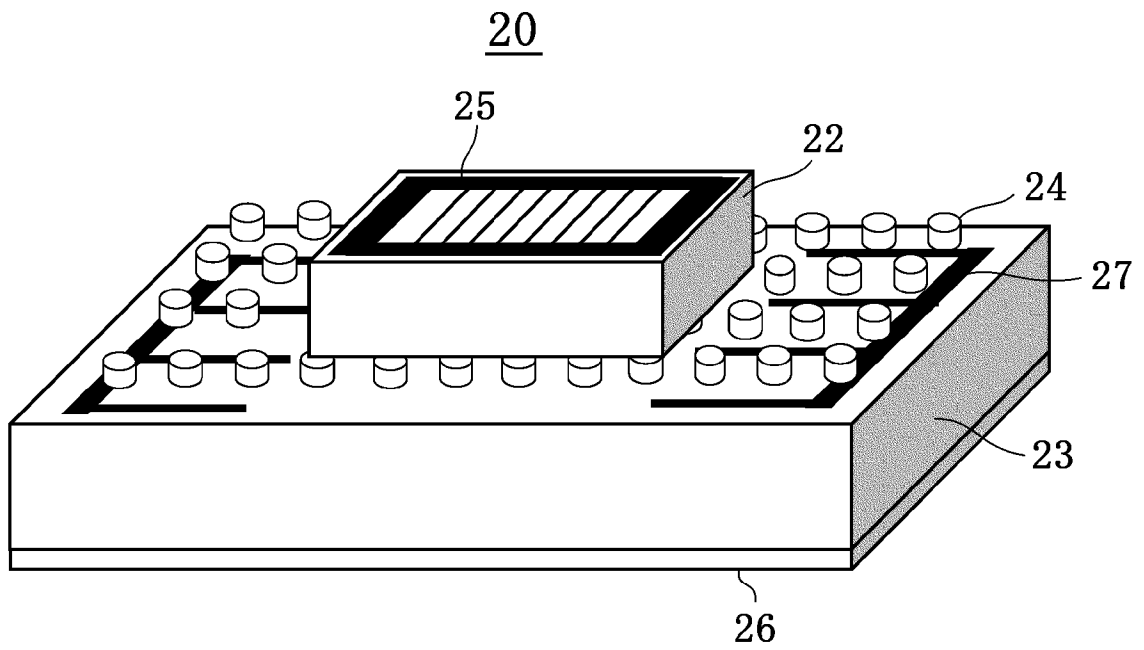
[図3]



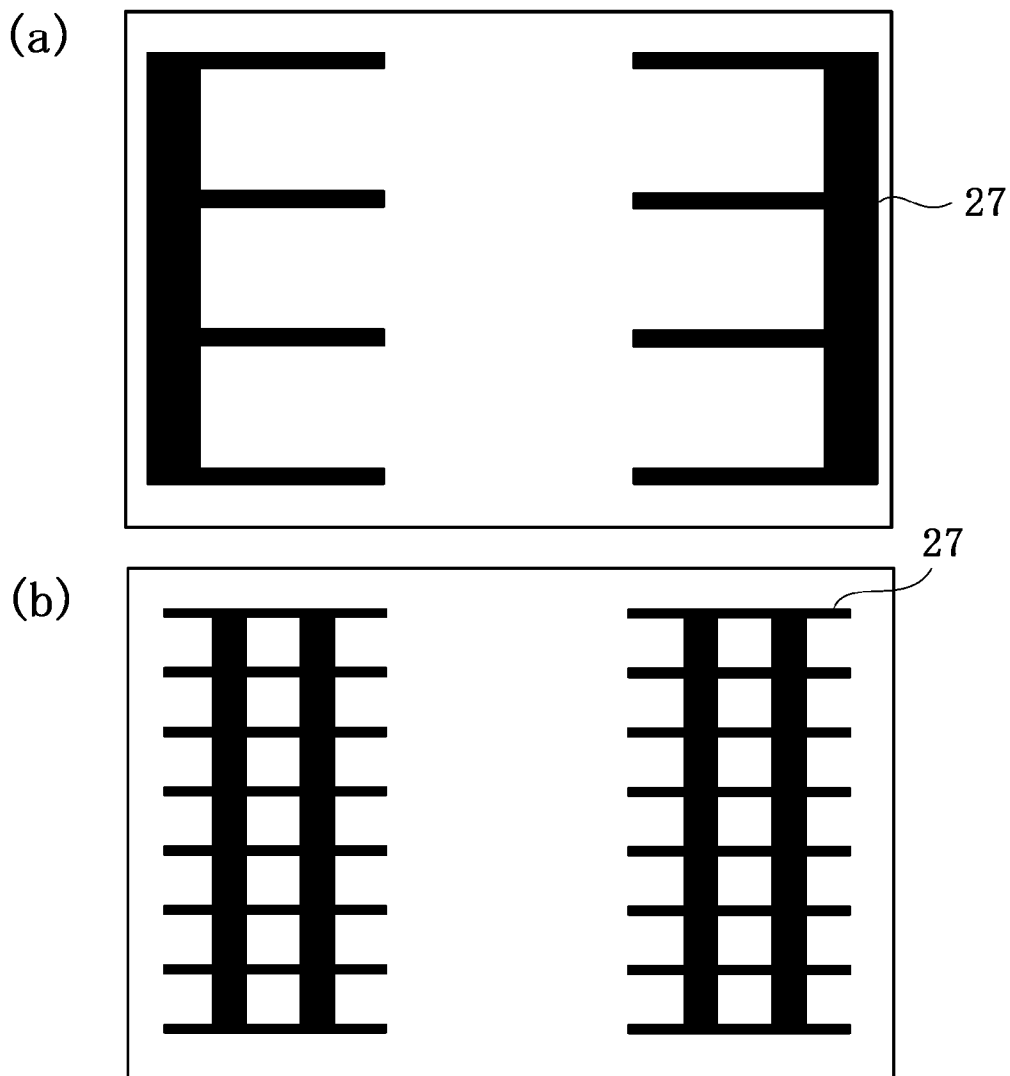
[図4]



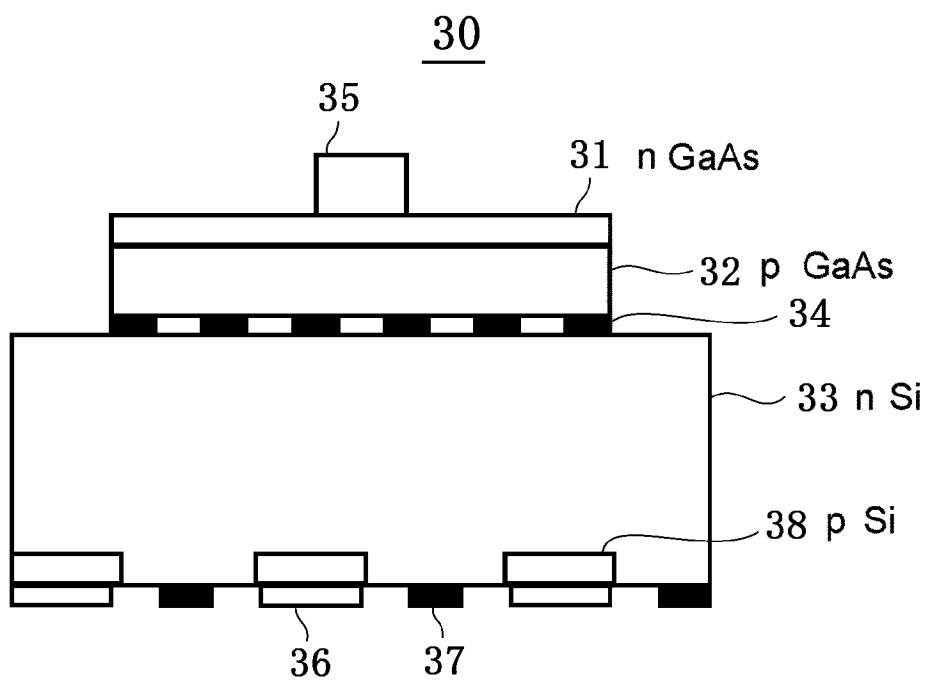
[図5]



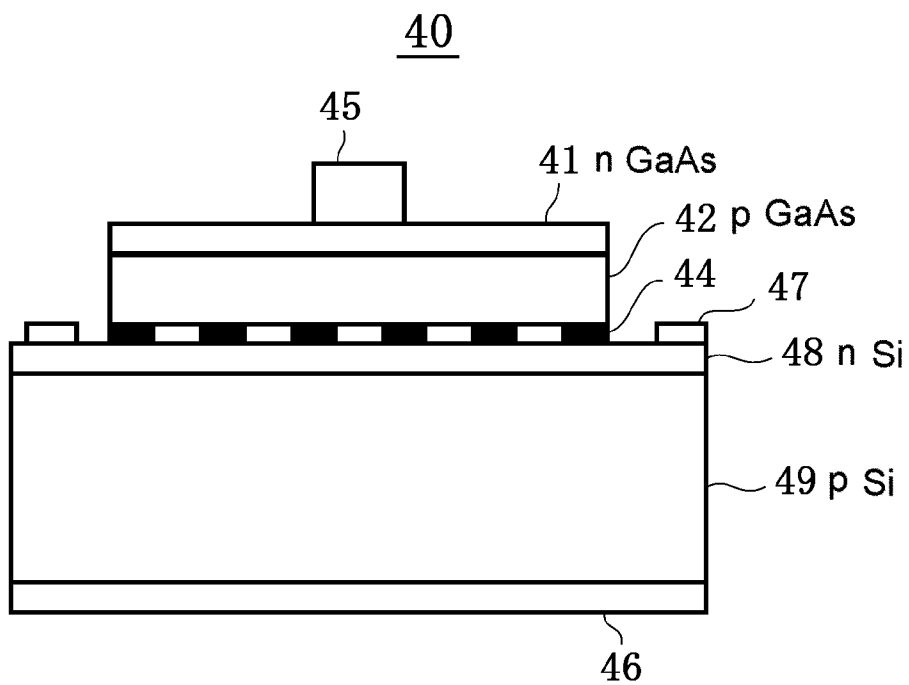
[図6]



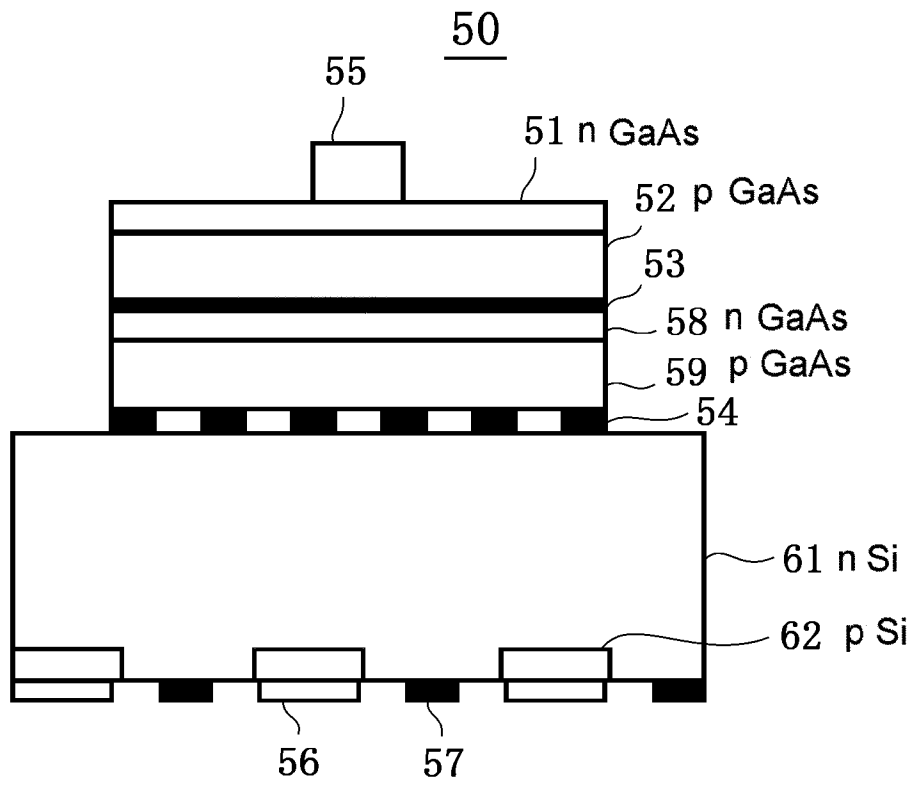
[図7]



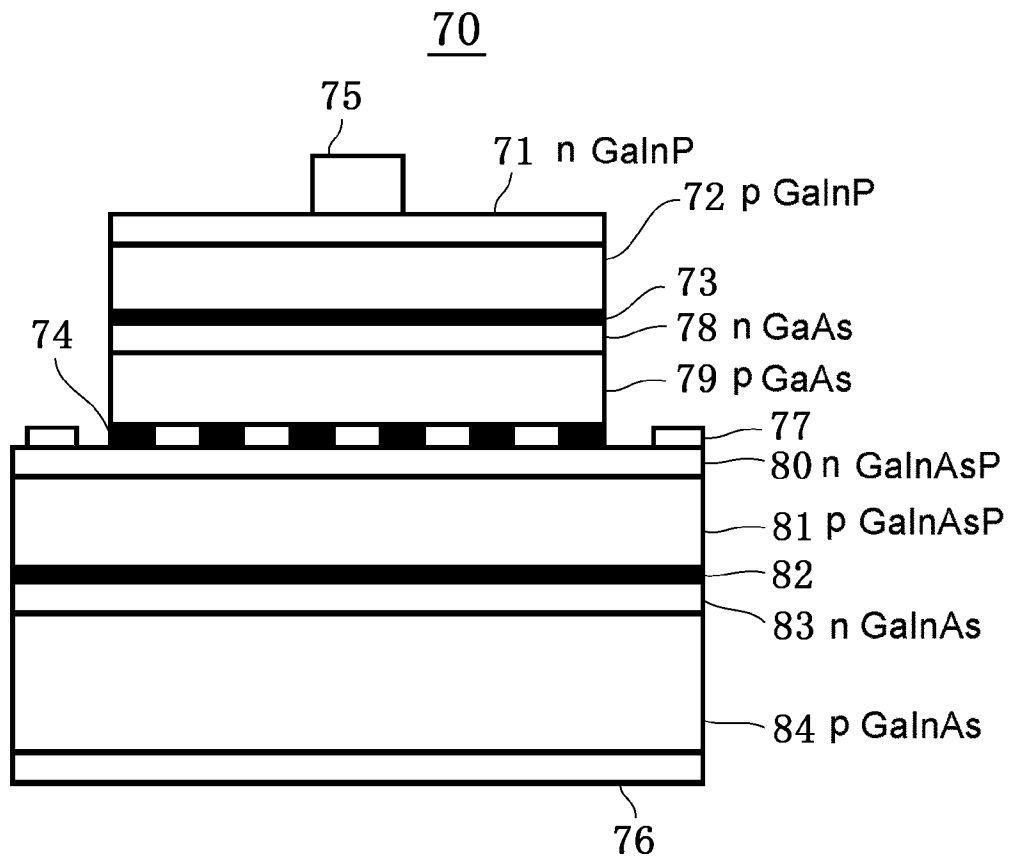
[図8]



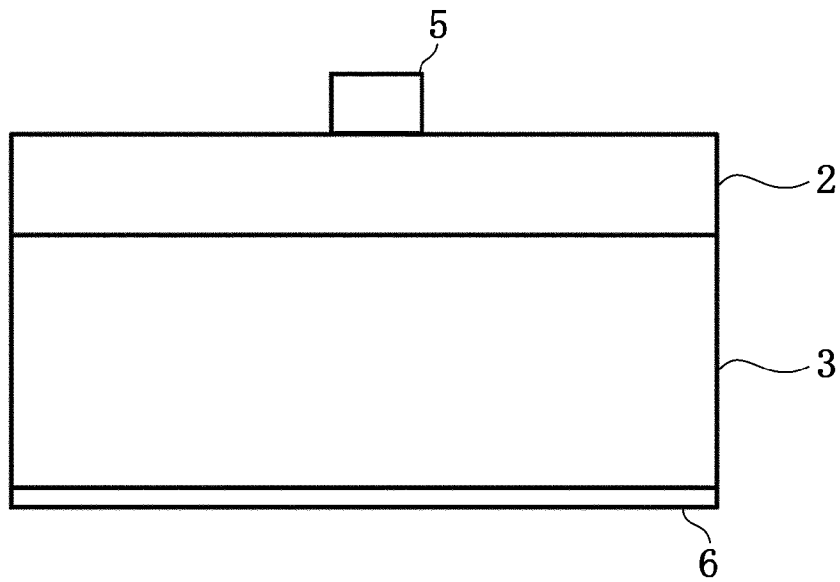
[図9]



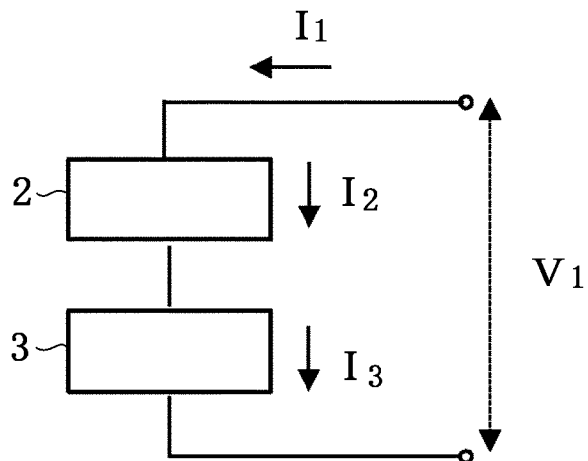
[図10]



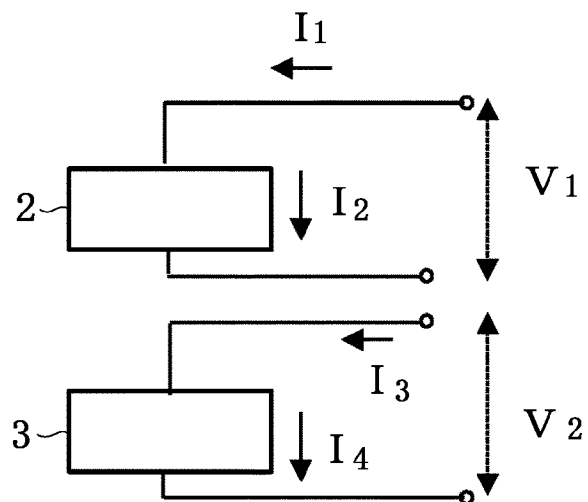
[図11]



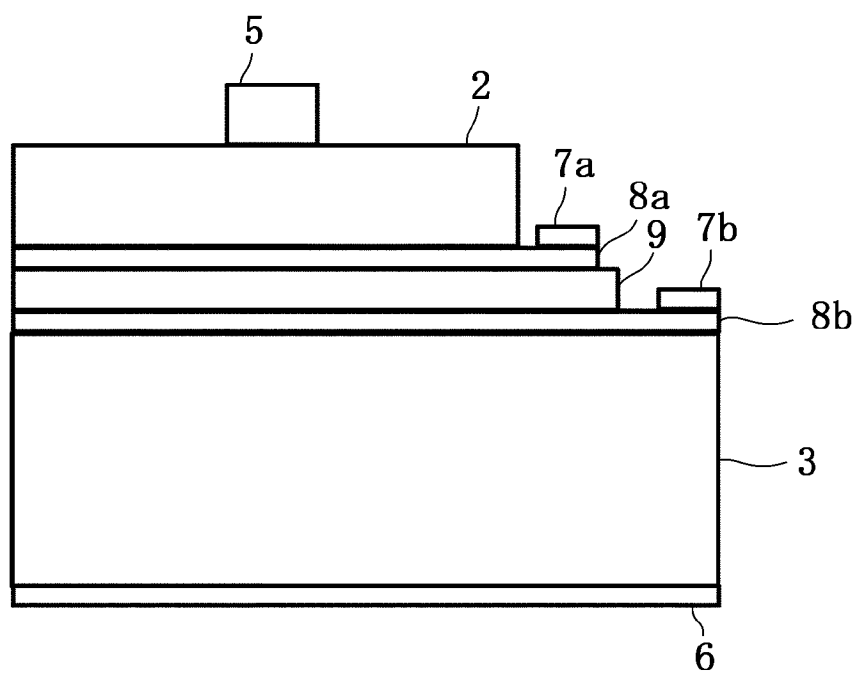
[図12]



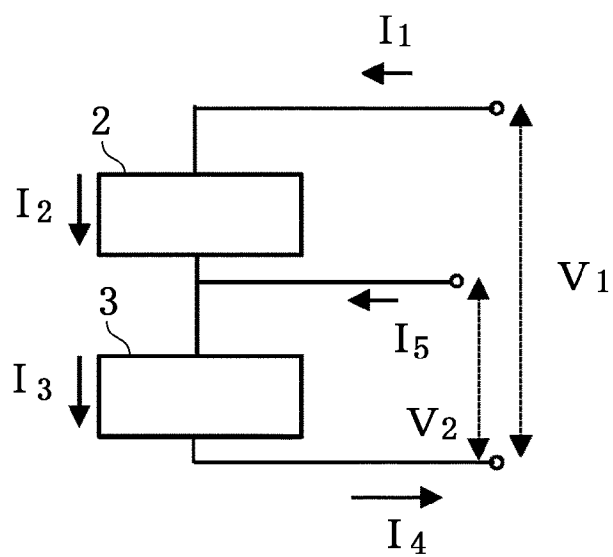
[図13]



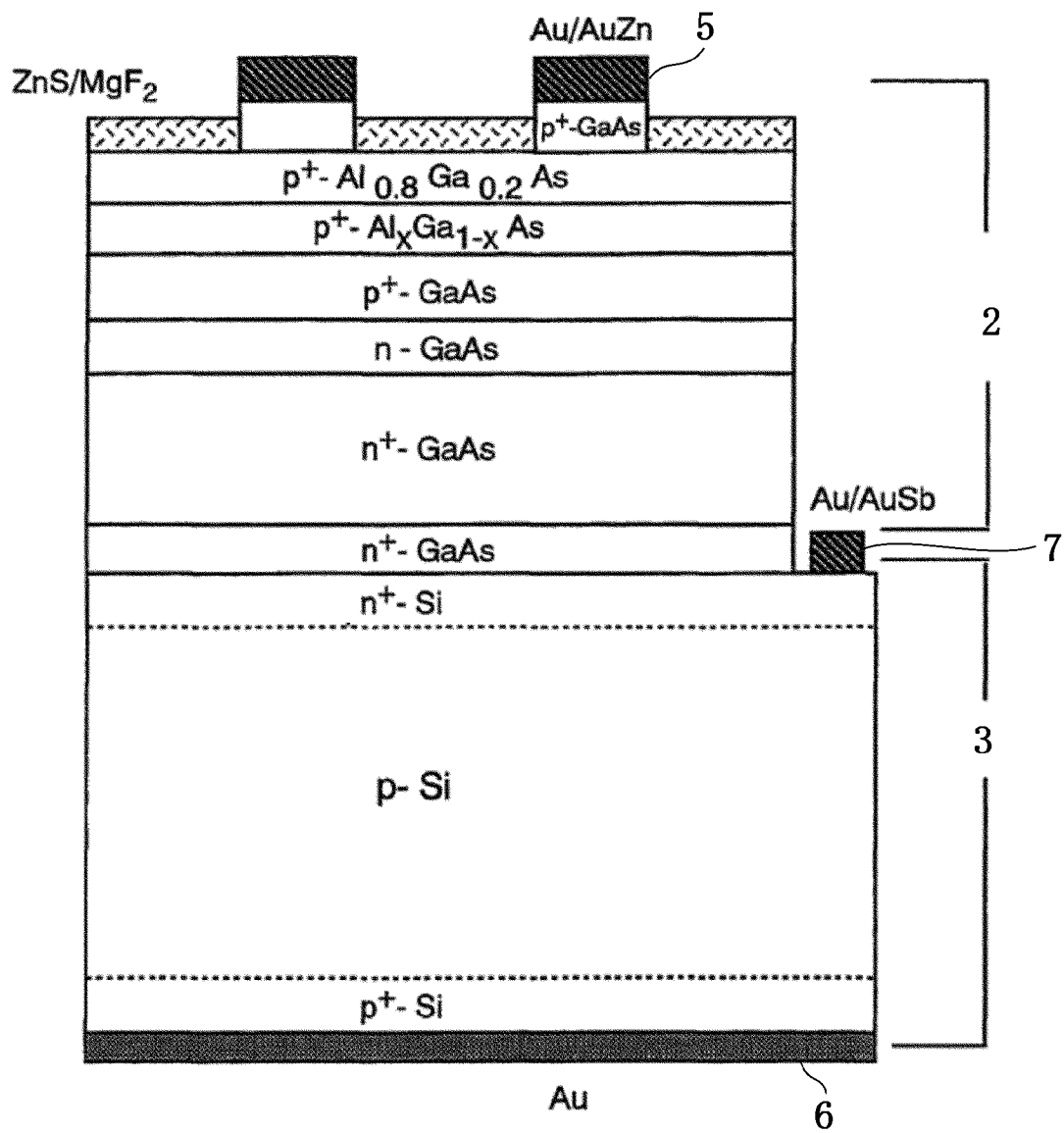
[図14]



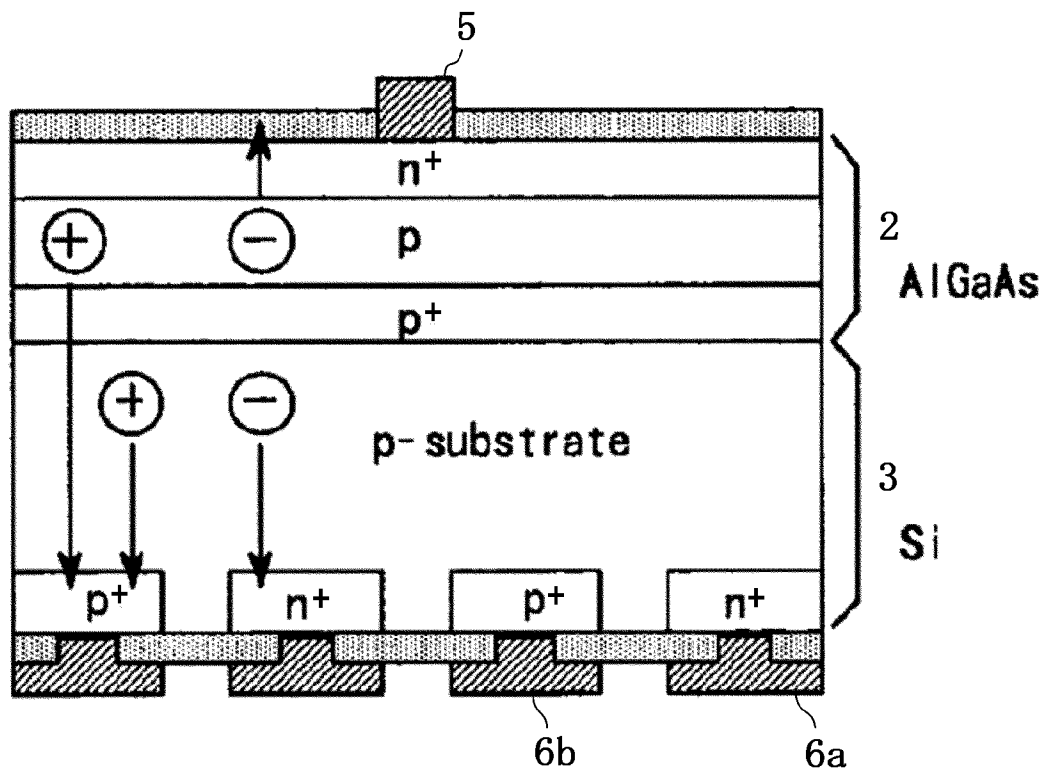
[図15]



[図16]



[図17]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025409

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L31/0687(2012.01) i, H01L31/0693(2012.01) 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)

Int.Cl. H01L31/00-31/078

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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	WO 2013/058291 A1 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) 25 April 2013, paragraphs [0018]-[0047], fig. 1-10 & US 2014/0238485 A1, paragraphs [0035]-[0077], fig. 1-10 & EP 2770540 A1 & CN 103890976 A	1-8
Y	JP 2012-23351 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 02 February 2012, paragraphs [0020]-[0026], fig. 1 & US 2011/0308568 A1, paragraphs [0033]-[0039], fig. 1	1-8



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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
29 August 2019 (29.08.2019)Date of mailing of the international search report  
10 September 2019 (10.09.2019)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/JP2019/025409

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-177120 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 29 June 2001, paragraphs [0010]-[0016], fig. 1 (Family: none)	1-8
Y	US 2002/0144725 A1 (MOTOROLA, INC.) 10 October 2002, paragraph [0086], fig. 13 (Family: none)	1-8
Y	JP 2001-196620 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 19 July 2001, paragraphs [0015]-[0017], fig. 2 (Family: none)	1-8
Y	US 2016/0149068 A1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 26 May 2016, paragraphs [0071]-[0082], fig. 1 & WO 2014/202511 A1 & FR 3007201 A1 & CN 105359279 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H01L31/0687(2012.01)i, H01L31/0693(2012.01)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. H01L31/00-31/078

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	WO 2013/058291 A1 (独立行政法人産業技術総合研究所) 2013.04.25, [0018] - [0047]、図1-10 & US 2014/0238485 A1, [0035]-[0077], Figs.1-10 & EP 2770540 A1 & CN 103890976 A	1-8
Y	JP 2012-23351 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2012.02.02, [0020] - [0026]、図1 & US 2011/0308568 A1, [0033]-[0039], Fig.1	1-8

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 29.08.2019	国際調査報告の発送日 10.09.2019
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） 佐竹 政彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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
Y	JP 2001-177120 A (トヨタ自動車株式会社) 2001.06.29, [0010] - [0016]、図1 (ファミリーなし)	1-8
Y	US 2002/0144725 A1 (MOTOROLA, INC.) 2002.10.10, [0086], Fig.13 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2001-196620 A (トヨタ自動車株式会社) 2001.07.19, [0015] - [0017]、図2 (ファミリーなし)	1-8
Y	US 2016/0149068 A1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 2016.05.26, [0071]-[0082], Fig.1 & WO 2014/202511 A1 & FR 3007201 A1 & CN 105359279 A	1-8