

(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
2014年8月7日(07.08.2014)

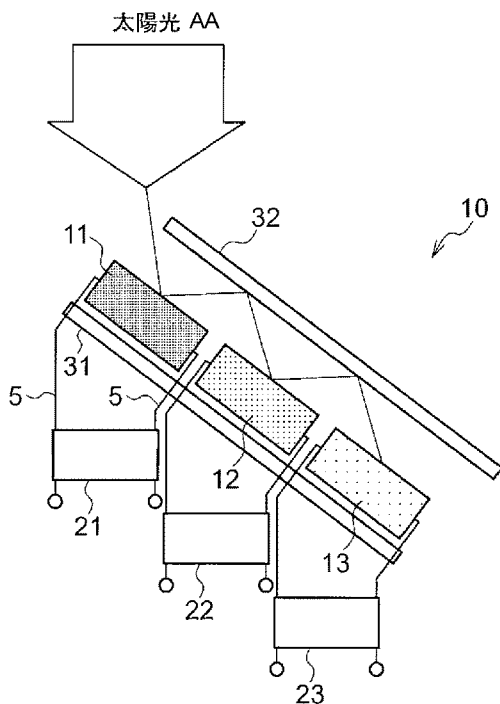


(10) 国際公開番号
WO 2014/119578 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/042 (2014.01) H01L 31/054 (2014.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/051852
 - (22) 国際出願日: 2014年1月28日(28.01.2014)
 - (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 2013-014881 2013年1月29日(29.01.2013) JP
 - (71) 出願人: 国立大学法人東京農工大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1838538 東京都府中市晴見町3-8-1 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 鮫島 俊之(SAMESHIMA, Toshiyuki); 〒1838538 東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学法人東京農工大学内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 中島 淳, 外(NAKAJIMA, Jun et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 H K新宿ビル7階 太陽国際特許事務所 Tokyo (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, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: STORAGE TYPE SOLAR POWER GENERATION DEVICE AND STORAGE TYPE SOLAR POWER GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システム



AA Solar light

(57) Abstract: A storage type solar power generation device (10) which includes: multiple solar cells, said multiple solar cells including at least two kinds of solar cells (11, 12, 13) having different spectral absorption sensitivities and configured to spontaneously split light as the n^{th} solar cell (where n is an integer equal to or greater than 1) transmits or reflects light incident on the n^{th} solar cell excluding the light absorbed by the n^{th} solar cell itself, so as to cause the light to sequentially enter the $(n+1)^{\text{th}}$ solar cell, which has a smaller bandgap; and multiple electricity storage devices (21, 22, 23), each of said solar cells being electrically connected to any one of the electricity storage devices. The storage type solar power generation device (10) stores electric power generated by the multiple solar cells in the electricity storage devices which are electrically connected to the respective solar cells.

(57) 要約: 分光吸収感度が互いに異なる少なくとも2種類のソーラーセル11, 12, 13を含み、 n 番目 (n は1以上の整数)のソーラーセルに入射する光のうち、 n 番目のソーラーセル自身が吸収する光以外の光が、よりバンドギャップの小さい $n+1$ 番目のソーラーセルに順次入射するように、 n 番目のソーラーセルが光を透過または反射することにより、自発的に分光するように構成された複数のソーラーセルと、各々のソーラーセルがいずれか1つの蓄電装置に電氣的に接続された複数の蓄電装置21, 22, 23を含み、複数のソーラーセルが発電する電力を各々のソーラーセルに電氣的に接続された蓄電装置に蓄える蓄電型ソーラー発電装置10。

WO 2014/119578 A1

明 細 書

発明の名称：

蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システム

技術分野

[0001] 本発明は、蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システムに関する。

背景技術

[0002] 太陽光は図1に示すように広いエネルギーに渡ってスペクトルを持っている。

一方、半導体で作られるソーラーセルは、半導体のバンドギャップ以上のエネルギーを持つ光を吸収して発電する。例えば結晶シリコンは1.12 eV以上のエネルギーを持つ光を吸収してホールと電子を結晶シリコン内に発生させる。

定常光照射下ではホールと電子のエネルギー差は半導体のバンドギャップで決まるため入射光の波長によらず1.12 eVである。

[0003] そして、半導体中のホール電子分極能率によって図2に示すソーラーセルの開放電圧 V_{oc} が決まる。 V_{oc} は半導体のバンドギャップ（eV単位で表したときの数値）を超えないが近い値となる。

[0004] よってバンドギャップより大きなエネルギーをもつ短波長の光が照射されたとき、入射光エネルギーは半導体中で部分的に失われ、 V_{oc} は依然としてバンドギャップ近くの小さい値に止まる。よって最も効率よく発電できる光のエネルギーは半導体ソーラーセルのバンドギャップより少し大きい値である。即ちバンドギャップに対応する波長より少し小さい波長を照射することが高効率を実現するには望ましい。

短波長の光を小さなバンドギャップのソーラーセルが吸収した時、発電効率は非常に小さくなる。大きなフォトンエネルギーをもつ短波長の光照射をしても V_{oc} はソーラーセルのバンドギャップで決まり大きくなる。さら

にフォトンエネルギーが大きいためフォトン数が小さくなるので、単位光照射強度に対し η が小さくなり発電電力は低下するからである。

[0005] 大きな起電力及び大きな電力を取り出すために、バンドギャップが異なり、分光吸収感度が異なる複数の半導体を重ね合わせた、多接合型ソーラーセルが開発されている。

例えば、図3に示すようにエピタキシャル結晶成長技術を用いてAlInP、InGaAs、GeのPN接合を積層形成した多接合型（積層型）ソーラーセルが提案されている（非特許文献1：Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 43, No. 3, 2004, pp. 882-889, “Evaluation of InGaP/InGaAs/Ge Triple-Junction Solar Cell under Concentrated Light by Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis”, K. NISHIOKA, T. TAKAMOTO1, T. AGUI1, M. KANEIWA1, Y. URAOKA and T. FUYUKI参照）。このような多接合型ソーラーセルでは、可視から赤外域の広範囲の光を吸収して発電することが可能となる。

[0006] また、図4に示すように、あらかじめ単体セルとして作製されたバンドギャップの異なるセルを透明な導電性接着剤で重ね合わせて貼り合わせる技術が提案されている（非特許文献2：J. Takenezawa, M. Hasumi, T. Sameshima, T. Koida, T. Kanko, M. Karasawa and M. Kondo, Extended Abt. of the 2010 Int. Conf. on Sol. State Dev. and Mat., (Tokyo, 2010) I-8-4. 参照）。

[0007] 一方、薄板状の基材の両面に互いに分光感度が異なる太陽電池を配した複数の太陽電池パネルを所定の間隔を設けて平行に配置し、太陽電池パネルを構成する第1の太陽電池の表面で反射した光を対向する別の太陽電池パネルの第2の太陽電池に入射するように構成した太陽電池モジュールが提案されている（特許文献1：特開2007-287997号公報参照）。

[0008] また、図5に示すように、互いに吸収波長域が異なり、配線4で電氣的に直列に接続された複数のソーラーセル1, 2, 3と、各々のソーラーセルに吸収波長域の光を照射して発電するように外から入射する光を反射する反射

ミラー 6, 7 とを備え、ソーラーセル自体の吸収特性を利用した多接続型のソーラー発電装置 100 が提案されている（特許文献 2：特開 2012-204673 号公報参照）。

[0009] また、遮光板の表裏面に互いに波長感度が異なる太陽電池セルを設け、表面の太陽電池が直接太陽光を受光し、表面の太陽電池からの反射光を裏面の太陽電池が受光する太陽電池付きブラインド、また、この太陽電池付きブラインドにより得られた電力を蓄電池に蓄えて夜間の照明に利用することが提案されている（特許文献 3：特開平 2-308086 号公報参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 非特許文献 1 に開示されているような多接合型ソーラーセルを作製する場合、エピタキシャル結晶成長技術は一般に成膜速度が遅く、多接合形成に時間がかかるため、生産性が低く、製造コストが高くなってしまふ。さらに多くの異なる結晶を積層するために、結晶欠陥等の発生による歩留まりも低くなる可能性がある。加えて異なる結晶間のストレスを緩和させる必要があり、大面積セルへの適用が困難である。

[0011] 一方、非特許文献 2 に開示されている多接合型ソーラーセルでは、完成したセル同士を貼り合わせるため、高い歩留りが期待できる。また、異種半導体結晶成長プロセスを伴わないので、大面積の多接合型ソーラーセルの作製が可能である利点がある。

[0012] しかし、図 3、図 4 に示したような多接合型ソーラーセルは、いずれも上部セルが下部セルの光遮蔽の要因となる。上部セルはバンドギャップが大きいので長波長の光に対して透明である。しかし半導体は一般に屈折率が高いので、半導体に透明な波長帯であっても、光が上部セルで反射されて下部セルに上手く伝達されない反射ロスが生じてしまふ。

[0013] また、図 5 に示したような多接続型のソーラーセルは、簡単な構成で多接合セルを成し、それぞれのセルのバンドギャップに応じた光利用がなされ、効率の良い発電が可能になる。セルに吸収されない光は 2 枚のミラーで反射

されて移動し次のより長波長用セルに入射するので、セルの反射率はセル1に吸収されるべき光に対してのみ低く設計すればよく、吸収されない光の反射率を調整する必要はない。

[0014] しかし、上記のような多接合型又は多接続型のソーラーセルは直列接続構造の為に、電流の制限があった。即ち、組み合わせたセルのうち最も電流が小さいセルの電流によって、セル全体に流れる電流が制限される。従って各々のセルが発電しうる最大の電力の合計を取り出すことはできない。

[0015] 本発明は、光反射ロスを低く抑え、かつソーラーセル内でのエネルギーロスを低く抑えて、効率的に発電し、かつ、効率的に蓄電することができる蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システム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

[0016] 上記目的を達成するため、以下の発明が提供される。

<1> 分光吸収感度が互いに異なる少なくとも2種類のソーラーセルを含み、バンドギャップが大きく分光吸収感度が短波長側にあるソーラーセルからバンドギャップがより小さく分光吸収感度がより長波長側にあるソーラーセルの順に光が照射されるように配置され、 n 番目（ n は1以上の整数）のソーラーセルに入射する光のうち、 n 番目のソーラーセル自身が吸収する光以外の光が、よりバンドギャップの小さい $n+1$ 番目のソーラーセルに順次入射するように、 n 番目のソーラーセルが光を透過または反射することにより、 n 番目のソーラーセル自身により自発的に分光するように構成された複数のソーラーセルと、

前記複数のソーラーセルに電氣的に接続された複数の蓄電装置を含み、各々のソーラーセルは前記複数の蓄電装置のいずれか1つに電氣的に接続されており、前記複数のソーラーセルが発電する電力を各々のソーラーセルに電氣的に接続された前記複数の蓄電装置に蓄える蓄電手段と、

を備えた蓄電型ソーラー発電装置。

<2> 前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、各々のソーラーセルが発電

する電力を、各々のソーラーセルごとに蓄える蓄電装置を含む<1>に記載の蓄電型ソーラー発電装置。

<3> 前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、前記複数のソーラーセルのうち少なくとも2つのソーラーセルに電氣的に接続され、該少なくとも2つのソーラーセルが発電する電力を蓄える蓄電装置を含む<1>に記載の蓄電型ソーラー発電装置。

<4> 前記複数のソーラーセルのうち少なくとも2つのソーラーセルが直列に電気配線され、前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、前記直列に電気配線されたソーラーセルが発電する電力を蓄える蓄電装置を含む<1>に記載の蓄電型ソーラー発電装置。

<5> 前記複数のソーラーセルを有するソーラーセルユニットを複数備え、前記複数のソーラーセルユニットにおいて分光吸収感度が同じソーラーセル同士は同じ蓄電装置に接続されている<1>~<4>のいずれかに記載の蓄電型ソーラー発電装置。

<6> <1>~<5>のいずれかに記載の蓄電型ソーラー発電装置と、外からの光を集光し、前記蓄電型ソーラー発電装置における光入射側の1番目のソーラーセルに入射させる集光手段と、を備える蓄電型ソーラー発電システム。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、光反射ロスを低く抑え、かつソーラーセル内でのエネルギーロスを低く抑えて、効率的に発電し、かつ、効率的に蓄電することができる蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]太陽光のスペクトルを示す図である。

[図2]ソーラーセル特性を示す、ソーラーセルで発生する電圧Vと電流Iの相関関係曲線図である。

[図3]積層型の多接合ソーラーセルの一例を示す概略構成図である。

- [図4]積層型の多接合ソーラーセルの他の例を示す概略構成図である。
- [図5]直列型の多接続ソーラー発電装置の一例を示す概略構成図である。
- [図6]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の一例（第1実施形態の一例）を示す概略構成図である。
- [図7]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例（第1実施形態の他の例）を示す概略構成図である。
- [図8]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例（第2実施形態の一例）を示す概略構成図である。
- [図9]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例（第3実施形態の一例）を示す概略構成図である。
- [図10]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例（第4実施形態の一例）を示す概略構成図である。
- [図11]本発明に係る蓄電型ソーラー発電システムの一例を示す概略構成図である。
- [図12]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例を示す概略構成図である。
- [図13]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例を示す概略構成図である。
- [図14]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例を示す概略構成図である。
- [図15]本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の例を示す概略構成図である。
- [図16]実験例1及び比較実験例1において太陽シミュレーション光に対するGaAsセルとc-Si（結晶シリコン）セルの配置を示す概略図である。
- [図17]実験例1及び比較実験例1における各セルの電流－電圧特性曲線を示す図である。
- [図18]実験例1及び比較実験例1において太陽シミュレーション光に対するa-Si（アモルファスシリコン）セルとc-Si（結晶シリコン）セルの

配置を示す概略図である。

[図19]実験例2及び比較実験例2における各セルの電流－電圧特性曲線を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、添付の図面を参照しながら本発明の蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システムについて具体的に説明する。なお、以下の説明及び添付の図面において同じ符号を付したものは同様の機能を有する部材であり、適宜説明を省略する。

[0020] 本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置は、分光吸収感度が互いに異なる少なくとも2種類のソーラーセルを含み、バンドギャップが大きく分光吸収感度が短波長側にあるソーラーセルからバンドギャップがより小さく分光吸収感度がより長波長側にあるソーラーセルの順に光が照射されるように配置され、 n 番目 (n は1以上の整数)のソーラーセルに入射する光のうち、 n 番目のソーラーセル自身が吸収する光以外の光が、よりバンドギャップの小さい $n+1$ 番目のソーラーセルに順次入射するように、 n 番目のソーラーセルが光を透過または反射することにより、 n 番目のソーラーセル自身により自発的に分光するように構成された複数のソーラーセルと、前記複数のソーラーセルに電氣的に接続された複数の蓄電装置を含み、各々のソーラーセルは前記複数の蓄電装置のいずれか1つに電氣的に接続されており、前記複数のソーラーセルが発電する電力を各々のソーラーセルに電氣的に接続された前記複数の蓄電装置に蓄える蓄電手段と、を備えて構成されている。

例えば、 n 番目のソーラーセルに吸収されずに透過又は反射した光は $n+1$ 番目のソーラーセルに照射される光学的手段を備えている。

複数のソーラーセルの配列順としては、 n 番目のソーラーセルが、 $n+1$ 番目のソーラーセルよりもより短波長側の光に対して分光吸収感度を有する順序で構成される。

例えば、前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、各々のソーラーセルが発電する電力を、各々のソーラーセルごとに蓄える蓄電装置を含む形態とする

ことができる。

また、前記複数のソーラーセルのうち少なくとも2つのソーラーセルが直列に電気配線され、前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、前記直列に電気配線されたソーラーセルが発電する電力を蓄える蓄電装置を含む形態とすることができる。

また、前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、前記複数のソーラーセルのうち少なくとも2つのソーラーセルに電氣的に接続され、該少なくとも2つのソーラーセルが発電する電力を蓄える蓄電装置を含む形態としてもよい。

[0021] <第1実施形態>

図6は本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の構成の一例を概略的に示している。本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置10は、反射手段として対向配置された2枚の反射ミラー31、32間に、光入射口に近い側から、短波長用ソーラーセル11（ワイドバンドギャップセル）、中波長用ソーラーセル12（ミドルバンドギャップセル）、長波長用ソーラーセル13（ナローバンドギャップセル）が電氣的に接続されずに、直列に配置されている。各ソーラーセル11、12、13としては、シリコン系、化合物系のほか、色素増感ソーラーセル、有機薄膜ソーラーセルなどを用いることができる。

一方、各ソーラーセル11、12、13には電気配線5によってそれぞれ蓄電池21、22、23が接続されている。

[0022] なお、本発明において、「分光吸収感度が互いに異なる」とは、蓄電型ソーラー発電装置を構成する複数種のソーラーセルが互いに吸収波長域が異なることを意味し、各ソーラーセルの吸収波長域が全く重複しない場合のほか、吸収波長領域の一部が重複せず、他の部分が重複してもよい。

[0023] 本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置10を構成する各ソーラーセル11、12、13は、それぞれバンドギャップが異なる半導体素子を含むものであり、光入射側からバンドギャップが大きい順に配置されている。波長の関係を $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ とすると、ソーラーセル11はバンドギャップによっ

て定められた臨界波長 λ_1 以下の光を吸収して発電し、ソーラーセル12は波長 λ_2 以下の光を吸収して発電し、ソーラーセル13は波長 λ_3 以下の光を吸収して発電する。

[0024] 具体的には、図6に示すように外からの光（例えば太陽光）がまずセル11に入射する。セル11のバンドギャップ以上のエネルギーをもつ短波長の光はセル11に吸収され、発電に寄与する。セル11に吸収されない中波長及び長波長の光はセル11の裏側に配置された第1反射ミラー31で反射されるか、セル11の表面で反射されてセル11の外に出る。

セル11に吸収されなかった光は対面に配置された第2反射ミラー32によって反射されてセル12に入射する。そしてセル12のバンドギャップ以上のエネルギーをもつ中波長光はセル12に吸収され発電に寄与する。セル12に吸収されない長波長光はセル12の裏側に配置された第2反射ミラー32で反射されるか、セル12の表面で反射されてセル12の外に出る。

セル12に吸収されなかった光は対面に配置された第2反射ミラー32によって反射されてセル13に入射する。そしてセル13のバンドギャップ以上のエネルギーの光がセル13に吸収され発電に寄与する。

[0025] 上記のように互いに吸収波長域が異なり、それぞれ吸収波長域以外の光に対する透過性又は反射性を有した3種のソーラーセル11、12、13と、反射ミラー31、32とを備えることで、各ソーラーセル11、12、13が光電変換手段のほか分光手段としても機能し、それぞれのセルのバンドギャップに応じた光利用がなされ、効率の良い発電が可能になる。

[0026] さらに、本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置10は、分光吸収感度が異なるソーラーセルごとに蓄電手段（バッテリー）21、22、23が接続されている。セル11、12、13の配列による自発分光により、各セル11、12、13で発電した電力がそれぞれの蓄電池21、22、23に効率的に蓄えられる。そして、充電されたバッテリー21、22、23は、適宜相互に直並列に配列して電機機器の電力源として用いることができる。

[0027] ここで、本発明の蓄電型多接合型及び多接続型ソーラー発電装置の発電及

び蓄電効率について説明する。

いま j 番目のソーラーセルの解放電圧、短絡電流、フィルファクターをそれぞれ

[0028] [数1]

$$V_{oc}^j, I_{sc}^j, FF^j$$

[0029] とするとき、 j 番目のソーラーセルが発電する電力 P^j は、

[数2]

$$P^j = V_{oc}^j \times I_{sc}^j \times FF^j$$

となる。

[0030] 理想的発電力 P_{ideal} は全ての合計であり、

[0031] [数3]

$$P_{ideal} = \sum_j P^j$$

となる。

[0032] 例えば、図3～図5に示すような多接合型及び多接続型のソーラー発電装置の場合、直列接続構造の為に、電流は最も小さいソーラーセルの値、

[0033] [数4]

$$I_{sc}^{\min}$$

[0034] で制限され、

[数5]

$$I_{sc}^{\min}$$

[0035] に近い値となる。よって、図3～図5に示すような多接合型及び多接続型のソーラー発電装置の最大発電力 P_{multi} は、

[0036]

[数6]

$$P_{multi} \sim I_{sc}^{\min} \sum_j V_{oc}^j \times FF^j$$

[0037] となる。

よって必ず、

[0038] [数7]

$$P_{multi} < P_{ideal}$$

[0039] となる。

[0040] 即ち、図3～図5に示すような多接合型又は多接続型のソーラー発電装置の場合、有効に発電するためには、

[0041] [数8]

$$I_{sc}^{\min}$$

[0042] を小さくすることは非常に不利である。一般にワイドバンドギャップセルは V_{oc} が大きく I_{sc} が小さい。よって、図3～図5に示す多接合型及び多接続型のソーラーセルの場合は一般にワイドバンドギャップセルに十分大きな強度の光を当てて電流を大きく維持する必要がある。これは幅広いスペクトルの光を当てることを意味しており、多接合又は多接続の数を制限する。

[0043] 最も発電効率がよいのは、バンドギャップより僅かに上回るフォトンエネルギーをもつ光を利用することであるが、異なるバンドギャップの多数のセルで多接合型及び多接続型のソーラー発電装置を構成すると、ワイドバンドギャップセルの電流が小さくなるためにかえって発電効率が小さくなる。

このため、多接合型又は多接続型のセルの数を制限する必要があった。

[0044] 一方、本発明の蓄電型ソーラー発電装置に於いては、例えば図6に示すように、分光吸収波長が異なるセル相互の直列接続の構成を用いず、各ソーラーセル11, 12, 13は分光吸収感度が異なる他のソーラーセルに電氣的に接続されていないため、セル間での電流の大きさの違いが発電効率に影響

することはない。

[0045] また、本発明の蓄電型ソーラー発電装置 10 に於いては、各々のセル 11, 12, 13 に充電機等の蓄電機能を有する手段 21, 22, 23 を取り付け、一旦各々のセル 11, 12, 13 が発電した電力を各蓄電手段 21, 22, 23 に蓄える。蓄電の効率を η とすると、本発明の発電力の合計 P は、

[0046] [数9]

$$P = \sum_j V_{oc}^j \times I_{sc}^j \times FF^j \times \eta^j$$

[0047] となる。

η が 1 に近い場合、本発明の蓄電型ソーラー発電装置は太陽光を有効に電力に変換することができ、 P_{ideal} に近い発電が可能である。

[0048] [数10]

$$P \sim P_{ideal}$$

[0049] さらに、本発明の蓄電型ソーラー発電装置を用いれば、バンドギャップの異なる多数のソーラーセルを配置してバンドギャップに近い光の吸収が各々のソーラーセルに於いて実現できるようにして、最も発電効率の良い条件を達成することができる。各々のセルの発電電力を各蓄電手段に充電すれば、極めて高効率の蓄電型ソーラー発電装置が形成できる。

[0050] なお、図 6 に示す蓄電型ソーラー発電装置 10 は、分光吸収感度が異なる 3 種類のソーラーセル 11, 12, 13 を備えているが、例えば、分光吸収感度が異なる 2 種類のソーラーセルを配置した構成としてもよいし、4 種類以上、例えば、図 7 に示すように分光感度が異なる 5 種類のソーラーセル 41, 42, 43, 44, 45 と各セルにそれぞれ接続した蓄電手段 51, 52, 53, 54, 55 を配置した構成としてもよい。

[0051] 図 6 及び図 7 で示した蓄電型ソーラー発電装置 10, 10A において最初に光が当たるワイドバンドギャップソーラーセル 31, 41 は V_{oc} は大きいが I_{sc} は小さい。これはバッテリーに充電するときに充電時間を要する事を

意味する。即ち多接合型又は多接続型のソーラーシステムにおいて、ワイドバンドギャップセルの高インピーダンス、低電流制限の課題を、本発明の蓄電型ソーラー発電装置では充電時間によって解決することができる。本発明の蓄電型ソーラー発電装置を構成するソーラーセルはそれぞれ固有のインピーダンスを持ち、電流電圧特性が異なるが、各蓄電装置の蓄電によりインピーダンスは極めて小さい値に変換することができるので、電源として使用するときは大電流を提供することができる。

[0052] 以上のように本発明はソーラーセル自身の分光感度を利用した自発分光型の、複数の異種ソーラーセルの構成と、複数のバッテリーを自発分光するセルに接続して蓄電することにより電流不整合問題を解決し、光利用発電効率の向上実現するものであるが、もちろん、本発明の適用範囲は図6及び図7に示した構成に限定するものではない。

[0053] 例えば図7に示した蓄電型ソーラー発電装置10を構成するソーラーセル41, 42, 43, 44, 45のうち、最もバンドギャップの大きいソーラーセル41のみの出力電流が小さく、残りのソーラーセル42, 43, 44, 45はそれぞれ類似の出力電流を出すとき、図12に示すように、ソーラーセル42, 43, 44, 45は電気配線を用いて電氣的に直列配線することができる。そしてソーラーセル41にバッテリー51を繋いで蓄電し、ソーラーセル42, 43, 44, 45は一つのバッテリー56に繋いで蓄電することにより、少ないバッテリー数で、ソーラーセル41, 42, 43, 44, 45の発電電力を有効に利用することができる。

[0054] 同様にソーラーセル42, 44が同様の出力電流特性を示すとき、図13に示すように2つのソーラーセル42, 44を電気配線を用いて電氣的に直列配線することができる。ソーラーセル42, 44は一つのバッテリー57に繋いで蓄電することにより、少ないバッテリー数で、ソーラーセル41, 42, 43, 44, 45の発電電力を有効に利用することができる。

[0055] さらに出力電流値が異なり整合は成り立たない場合であっても、ソーラーセルの出力電圧が類似値の場合は、一つのバッテリーに当該ソーラーセルを

繋いで蓄電することができる。図14に示すように、例えばソーラーセル44, 45が類似値の出力電圧を持つ場合、ソーラーセル44, 45をバッテリー58に繋いで蓄電することにより、少ないバッテリー数で、ソーラーセル41, 42, 43, 44, 45の発電電力を有効に利用することができる。

[0056] 出力電流及び出力電圧はソーラーセル41, 42, 43, 44, 45の材料特性に依存する。そして同種のソーラーセル41, 42, 43, 44, 45の直配列の工夫によっても出力電流及び出力電圧を調整することができる。

本発明として例示したソーラーセル、例えば図7のソーラーセル41, 42, 43, 44, 45は単体のセルに限定するのではなく、電気的な配列構成により出力電流及び電圧の調整した複合セルを利用することもできる。特にバンドギャップの小さいソーラーセル45は出力電圧が小さい。図15に示すように複数の同種セル45A, 45B, 45Cを直列配列して出力電圧を上げることにより、例えば図14に例示する構成が可能となる。

[0057] <第2実施形態>

図8は、本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の構成例を概略的に示している。本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置20は、分光吸収感度が異なる5種類のソーラーセル41, 42, 43, 44, 45が、対向配置された2枚の反射ミラー31, 32の内側に交互に配置されている。本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置20では、第1反射ミラー31側に配置されたワイドバンドギャップセル41に吸収されなかった反射光が第2反射ミラー32側に配置された直接的に次のより低バンドギャップセル42に直接照射できるように配置されている。当該セル42に吸収されなかった反射光はさらに次の低バンドギャップセル43に直接照射できるように配置されている。各々のセル41, 42, 43, 44, 45には蓄電用バッテリー51, 52, 53, 54, 55がそれぞれ接続され、セル間は電氣的に絶縁されている。光はワイドバンドギャップセルに短波長の光が吸収され、バンド

ギャップ以下の光は次のよりバンドギャップの小さいセルに入射する。このようにして、最もナローバンドギャップのセル45まで光が照射され、各々のセル41, 42, 43, 44, 45にて発電した電力が各バッテリー51, 52, 53, 54, 55に蓄電される。

[0058] <第3実施形態>

図9は、本発明に係る蓄電型ソーラー発電装置の他の構成例を概略的に示している。図9に示すように、本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置30は、最もナローバンドギャップのセル63以外のソーラーセル61, 62が透明電極等により光透過機能を有する構造であり、各々のセル61, 62, 63における光反射ロスが小さいときは、バンドギャップの異なるセル61, 62, 63をワイドバンドギャップからナローバンドギャップの順に上(光の入射側)から重ね合わせ、光をワイドバンドギャップセル61上に照射する構成をとることができる。各々のセル61, 62, 63にそれぞれ蓄電用バッテリー21, 22, 23を接続し、セル間は電氣的に絶縁する。ワイドバンドギャップセル61に短波長の光が吸収され、バンドギャップ以下の光は下部に配置したよりバンドギャップの小さいセル62に入射する。このようにして、最下部の最もナローバンドギャップのセル63まで光が照射され、各々のセル61, 62, 63にて発電した電力を各バッテリー21, 22, 23に蓄電することができる。

[0059] <第4実施形態>

本発明は大面積発電用ソーラーセルシステムにも適用可能である。例えば、本発明の蓄電型ソーラー発電装置は、分光吸収感度が互いに異なる複数のソーラーセルを含むソーラーセルユニットを複数備え、複数のソーラーセルユニットにおいて分光吸収感度が同じソーラーセル同士は同じ蓄電手段に接続されている構成とすることができる。

[0060] 図10は、本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置の構成の一例を概略的に示している。本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電装置40は、図10に示すように、2枚の反射ミラー31, 32間に、光入射口に近い側から短

波長用ワイドバンドギャップセル4 1、次に中波長用ミドルバンドギャップセル4 2、・・・最も長波長用ナローバンドギャップセル4 5の計5種類のバンドギャップのセル4 1、4 2、4 3、4 4、4 5を配列して構成したソーラーセルユニットが複数配列されている。そして、各々のユニット内のセル4 1同士、セル4 2同士、セル4 3同士等、同種のセルを並列に電気配線8によって電氣的に接続してそれぞれバッテリー5 1、5 2、5 3、5 4、5 5に繋ぎ、各ユニットの各々のセルにて発電した電力を各バッテリーに蓄電する。これにより、大面積にわたる太陽光エネルギーを効率よく電力に変換するとともに効率よく蓄電することが可能となる。

[0061] <蓄電型ソーラー発電システム>

本発明は集光型の蓄電型ソーラー発電システムにも適用することができる。例えば、前記いずれかの実施形態の蓄電型ソーラー発電装置と、外からの光を集光し、前記蓄電型ソーラー発電装置における光入射側の1番目のソーラーセルに入射させる集光手段と、を備える蓄電型ソーラー発電システムとすることができる。

[0062] 図11は、本発明に係る蓄電型ソーラー発電システムの構成の一例を概略的に示している。本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電システム50は、対向配置された2枚の反射ミラー31、32間に、光入射口に近い側から短波長用ソーラーセル11（ワイドバンドギャップセル）、中波長用ソーラーセル12（ミドルバンドギャップセル）、長波長用ソーラーセル13（ナローバンドギャップセル）を配列した3種のソーラーセルと、各ソーラーセル11、12、13にそれぞれ接続して蓄電する3個の蓄電手段21、22、23と、太陽光を集光して1番目の短波長用ソーラーセル11に照射する光学系33、34を備えている。

[0063] 本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電システム50は、大きな第1レンズ（集光用レンズ）33を用いて太陽光を集光し、集光した光を小さな第2レンズ（成形用レンズ）34で受けて平行光に成形してソーラーセル11に入射させる。集光用の大きなレンズ33の開口面積を S_L 、成形用の小さなレンズ

34の開口面積を S_s とすれば、原理的に太陽光を S_L/S_s 倍に集光して、面積 S_L 分の太陽光の発電が可能となる。そして、本実施形態に係る蓄電型ソーラー発電システム50を構成する蓄電型ソーラー発電装置は、図6に示した蓄電型ソーラー発電装置10と同様にセル間は電氣的に絶縁され、かつ、各々のセル11, 12, 13にはそれぞれ蓄電用バッテリー21, 22, 23が接続されており、各々のセル11, 12, 13で発電した電力が各々の蓄電用バッテリー21, 22, 23に蓄電される。これにより、比較的小さい蓄電型ソーラー発電装置を用いてより効率的に発電及び蓄電することができる。

[0064] なお、本発明に係る蓄電型ソーラー発電システムは図11に示した構成に限定されず、他の蓄電型ソーラー発電装置と集光手段を組み合わせる構成してもよい。

例えば、蓄電型ソーラー発電装置としては、図7～図10に示した他の蓄電型ソーラー発電装置20, 30, 40を備えた構成としてもよい。

また、集光手段としては、例えば、複数の反射ミラーによって集光する手段としてもよいし、複数の反射ミラーとレンズを組み合わせる構成としてもよい。

[0065] 以上、本発明について説明したが本発明は上記実施形態に限定されない。

例えば、図6、図7に示す蓄電型ソーラー発電装置において、第1反射ミラー31を設けずに各ソーラーセルの裏面側に金属膜を設け、この金属膜によってセルを透過した光を反射する構成としてもよい。

また、例えば、図10に示す蓄電型ソーラー発電装置40では、隣接するソーラーユニット間にそれぞれ2枚の反射ミラー32, 31が設けられているが、両面が反射面となっている1枚の反射ミラーを設けた構成としてもよい。

[0066] また、例えば、図12～図15では、図7に示す蓄電型ソーラー発電装置の変形例として、2つ以上のソーラーセルを直列に電気配線して1つのバッテリーに接続する形態や、2つ以上のソーラーセルを直列に電気配線せずに

1つのバッテリーに電氣的に接続する形態を例示したが、このような接続形態は図7のようにソーラーセルが配置されている場合に限定されない。図12～図15に示す接続形態は、例えば、図8～図11に示すような蓄電型ソーラー発電装置及び蓄電型ソーラー発電システムにも適用することができる。

実施例

[0067] 以下、実施例を挙げて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらに制限されるものではない。

[0068] <実験例1及び比較実験例1>

多接合GaAsセルとc-Si（結晶シリコン）セルを用い、図16に示すように太陽光シミュレーターの光がGaAsセルに入射し、GaAsセルで反射した光がc-Siセルに入射するように配置した。なお、GaAsはc-Siよりもバンドギャップが若干大きく、分光吸収感度が短波長側にある。

[0069] GaAsセルによる出力とc-Siセルによる出力をそれぞれ測定し、合計出力及び変換効率を求めた。また、GaAsセルとc-Siセルを端子Bにて直列に連結したGaAs-c-Si直列連結セルによる出力を測定し、変換効率を求めた。図17に各セルの電流－電圧特性曲線を示し、出力及び変換効率を下記表1に示す。

[0070] [表1]

	ソーラーセル	端子	出力(W)	合計出力(W)	変換効率(%)
実験例1	GaAsセル	A-B	0.101	0.116	27.6
	c-Siセル	B-C	0.015		
比較実験例1	GaAs-c-Si直列連結セル	A-C	0.114	0.114	27.1

[0071] 上記結果から、GaAs-c-Si直列連結セルに1つの蓄電池を連結して蓄電するよりもGaAsセルとc-Siセルにそれぞれ別々の蓄電池を連

結して蓄電する方が全体としては多くのエネルギーが蓄えられることがわかる。

[0072] <実験例2及び比較実験例2>

a-Si（アモルファスシリコン）セルとc-Si（結晶シリコン）セルを用い、図18に示すように太陽光シミュレーターの光がa-Siセルに入射し、a-Siセルで反射した光がc-Siセルに入射するように配置した。a-Siはc-Siよりもバンドギャップが大きく、分光吸収感度が短波長側にある。

[0073] a-Siセルによる出力とc-Siセルによる出力をそれぞれ測定し、合計出力及び変換効率を求めた。また、a-Siセルとc-Siセルを端子Bにて接続したa-Si-c-Si直列連結セルによる出力を測定し、変換効率を求めた。図19に各セルの電流-電圧特性曲線を示し、出力及び変換効率を下記表2に示す。

[0074] [表2]

	ソーラーセル	端子	出力(W)	合計出力(W)	変換効率(%)
実験例2	a-Siセル	A-B	0.12	0.136	10.1
	c-Siセル	B-C	0.016		
比較 実験例2	a-Si-c-Si 直列連結セル	A-C	0.095	0.095	6.7

[0075] 上記結果から、a-Si-c-Si直列連結セルに1つの蓄電池を連結して蓄電するよりもa-Siセルとc-Siセルにそれぞれ別々の蓄電池を連結して蓄電する方が全体としては多くのエネルギーが蓄えられることがわかる。

[0076] 2013年1月29日に出願された日本国特許出願2013-014881号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の

文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 分光吸収感度が互いに異なる少なくとも2種類のソーラーセルを含み、バンドギャップが大きく分光吸収感度が短波長側にあるソーラーセルからバンドギャップがより小さく分光吸収感度がより長波長側にあるソーラーセルの順に光が照射されるように配置され、 n 番目 (n は1以上の整数)のソーラーセルに入射する光のうち、 n 番目のソーラーセル自身が吸収する光以外の光が、よりバンドギャップの小さい $n+1$ 番目のソーラーセルに順次入射するように、 n 番目のソーラーセルが光を透過または反射することにより、 n 番目のソーラーセル自身により自発的に分光するように構成された複数のソーラーセルと、
- 前記複数のソーラーセルに電氣的に接続された複数の蓄電装置を含み、各々のソーラーセルは前記複数の蓄電装置のいずれか1つに電氣的に接続されており、前記複数のソーラーセルが発電する電力を各々のソーラーセルに電氣的に接続された前記複数の蓄電装置に蓄える蓄電手段と、
- を備えた蓄電型ソーラー発電装置。
- [請求項2] 前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、各々のソーラーセルが発電する電力を、各々のソーラーセルごとに蓄える蓄電装置を含む請求項1に記載の蓄電型ソーラー発電装置。
- [請求項3] 前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、前記複数のソーラーセルのうち少なくとも2つのソーラーセルに電氣的に接続され、該少なくとも2つのソーラーセルが発電する電力を蓄える蓄電装置を含む請求項1に記載の蓄電型ソーラー発電装置。
- [請求項4] 前記複数のソーラーセルのうち少なくとも2つのソーラーセルが直列に電気配線され、前記蓄電手段が、前記蓄電装置として、前記直列に電気配線されたソーラーセルが発電する電力を蓄える蓄電装置を含む請求項1に記載の蓄電型ソーラー発電装置。
- [請求項5] 前記複数のソーラーセルを有するソーラーセルユニットを複数備え

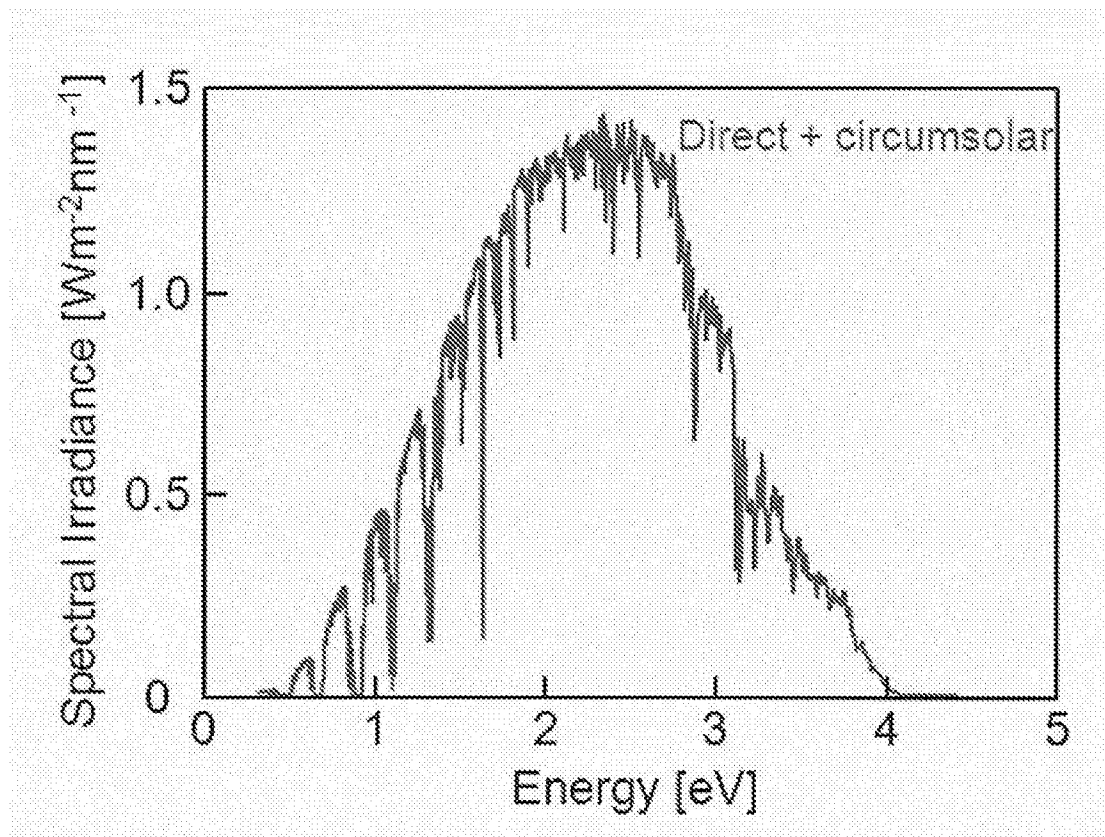
、前記複数のソーラーセルユニットにおいて分光吸収感度が同じソーラーセル同士は同じ蓄電装置に接続されている請求項 1～請求項 4 のいずれか一項に記載の蓄電型ソーラー発電装置。

[請求項 6] 請求項 1～請求項 5 のいずれか一項に記載の蓄電型ソーラー発電装置と、

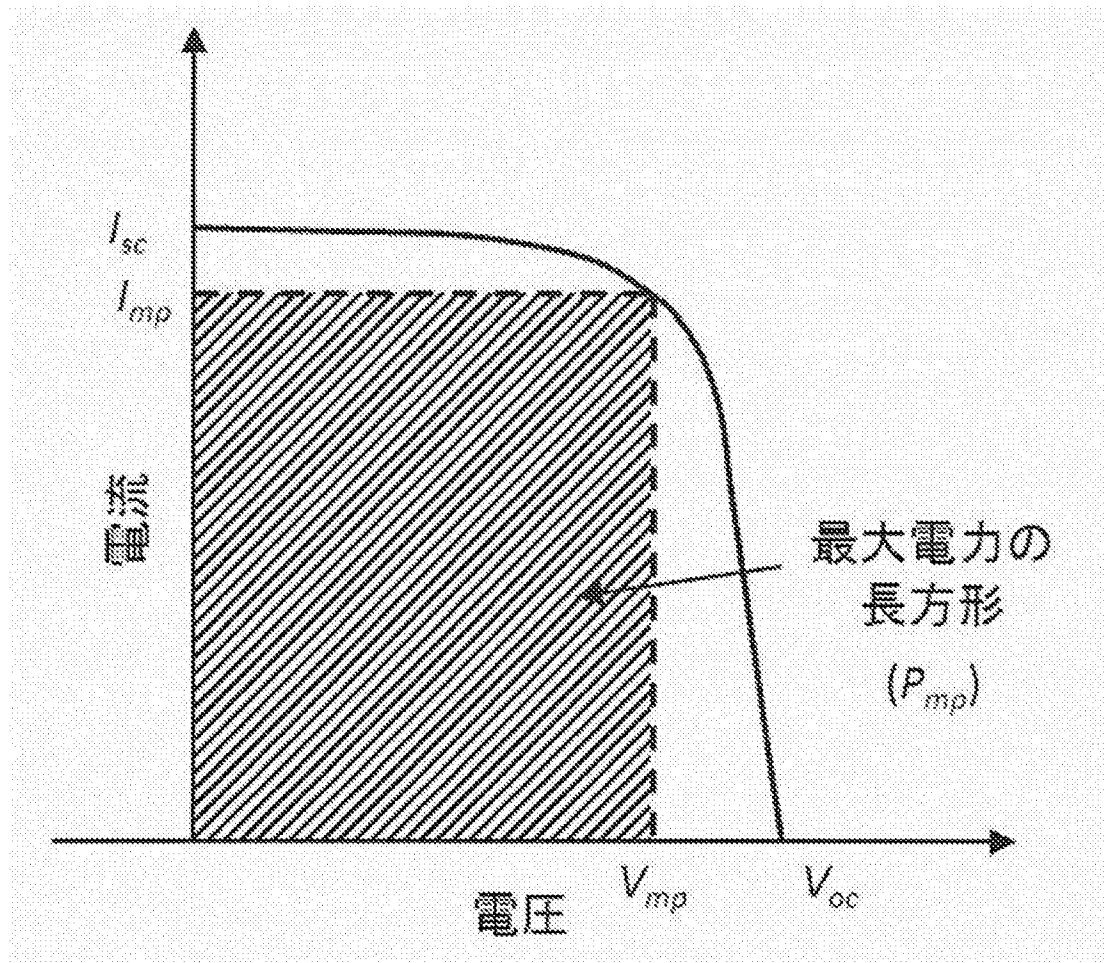
外からの光を集光し、前記蓄電型ソーラー発電装置における光入射側の 1 番目のソーラーセルに入射させる集光手段と、

を備える蓄電型ソーラー発電システム。

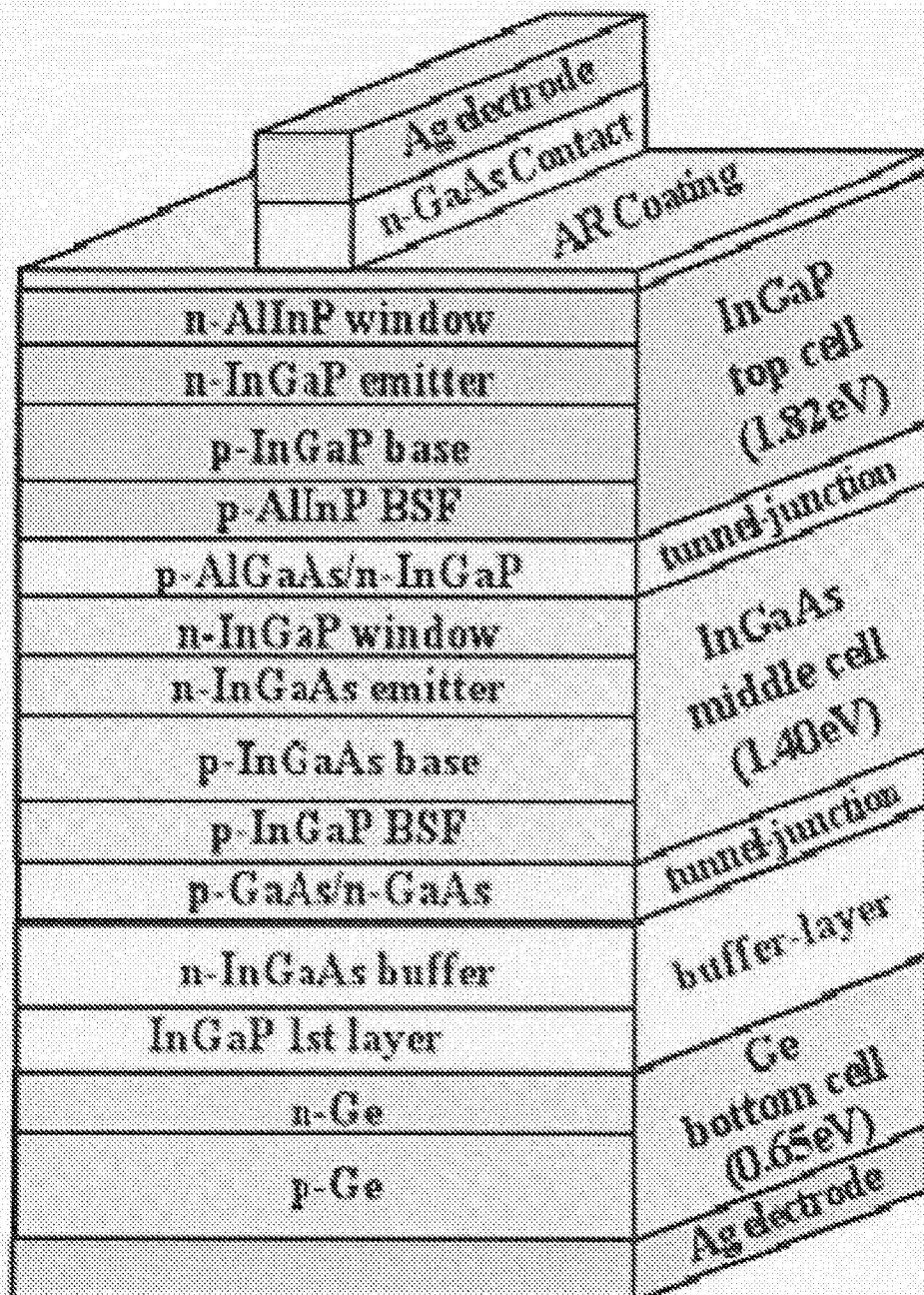
[図1]



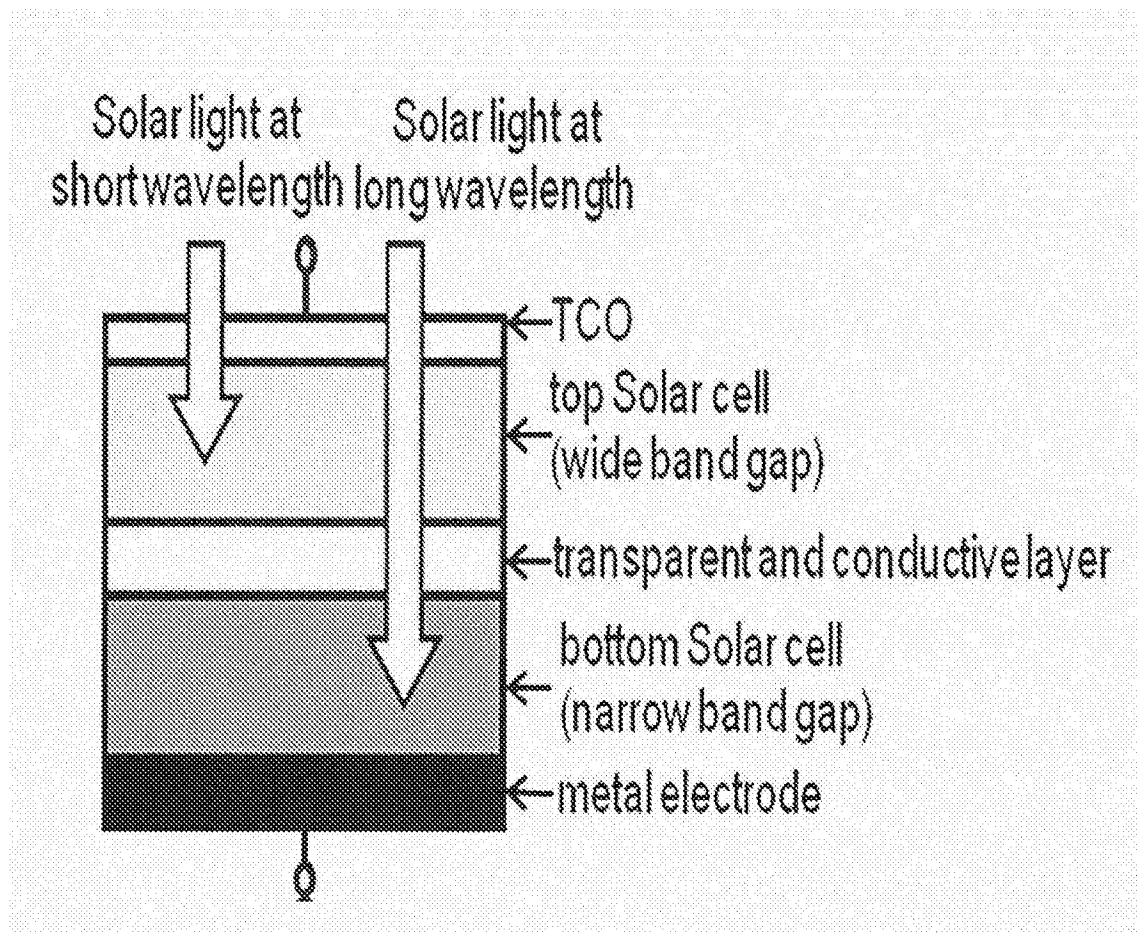
[図2]



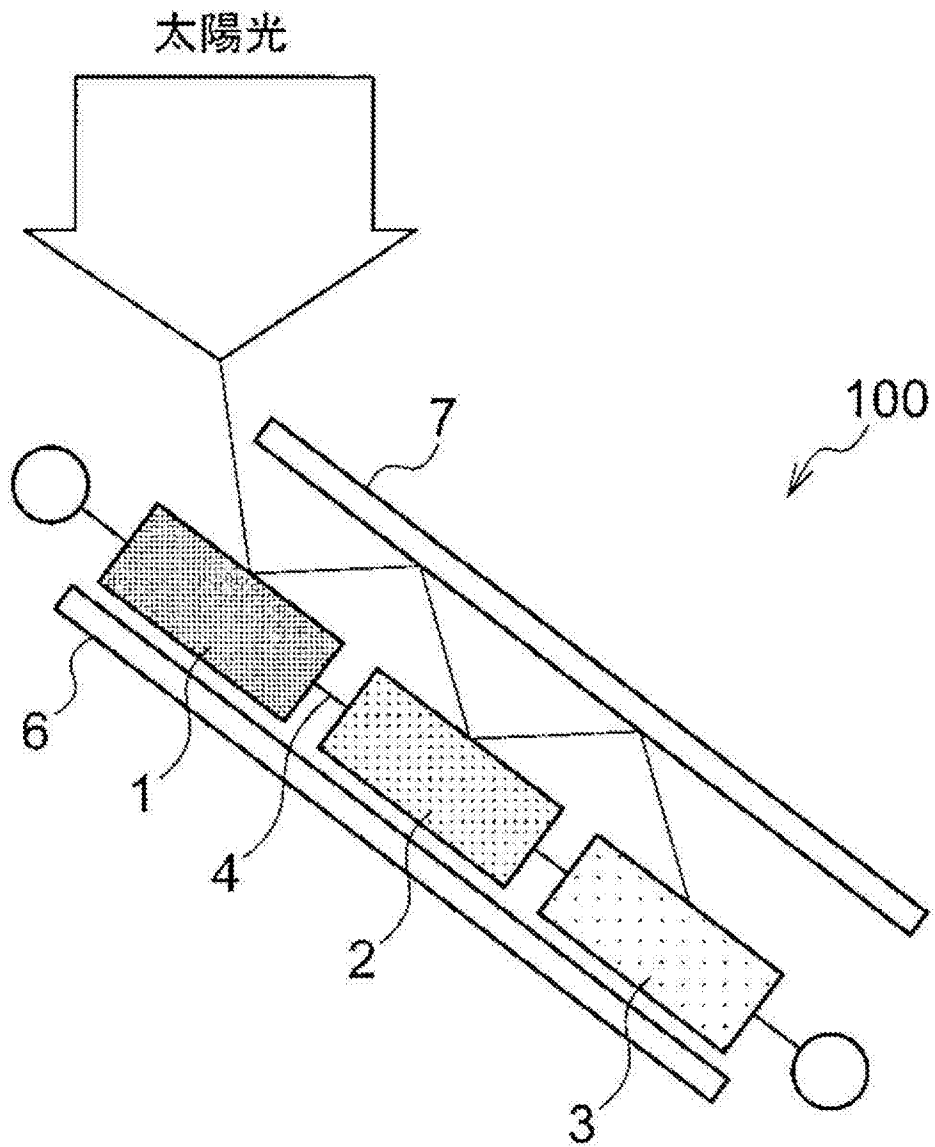
[図3]



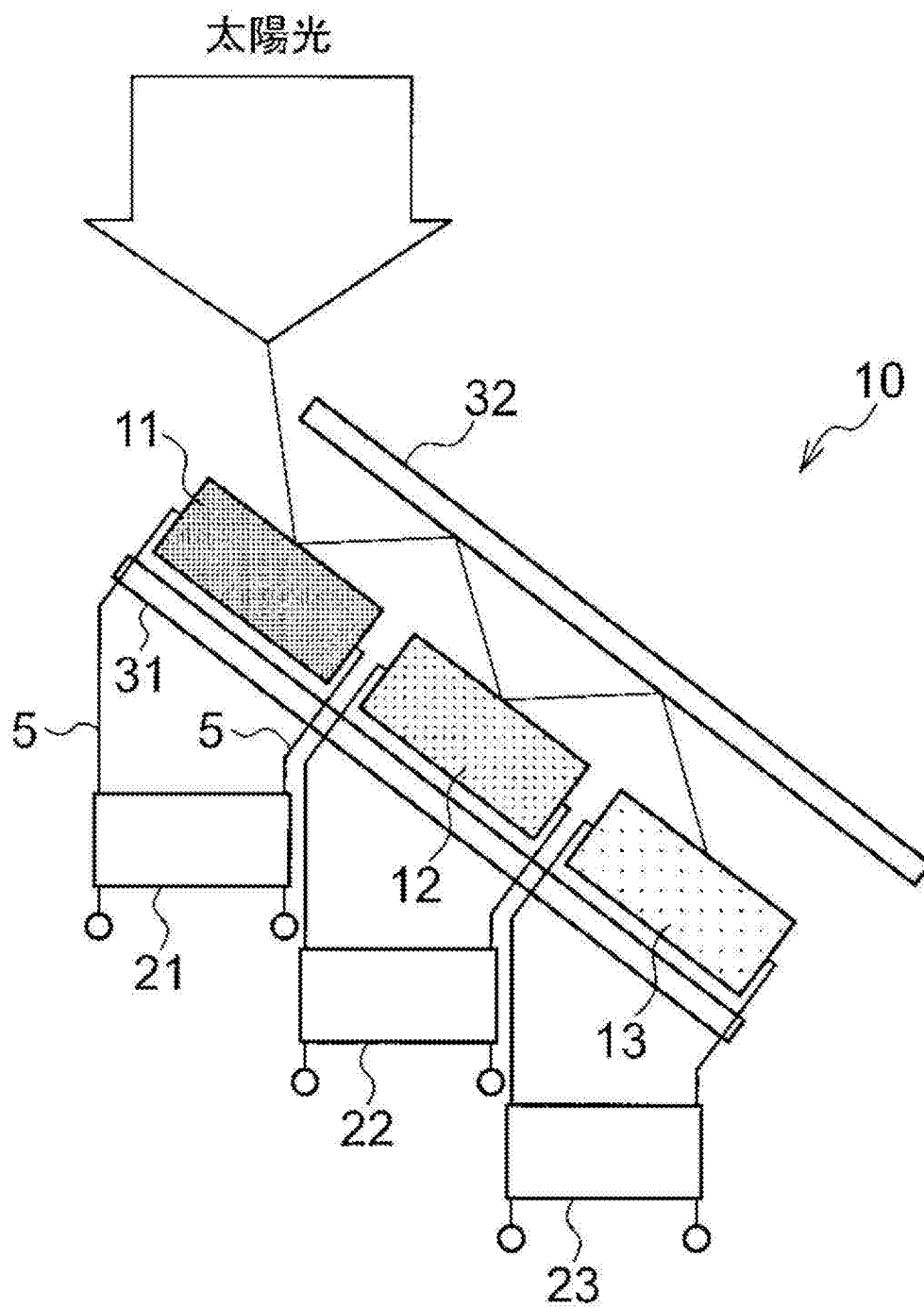
[図4]



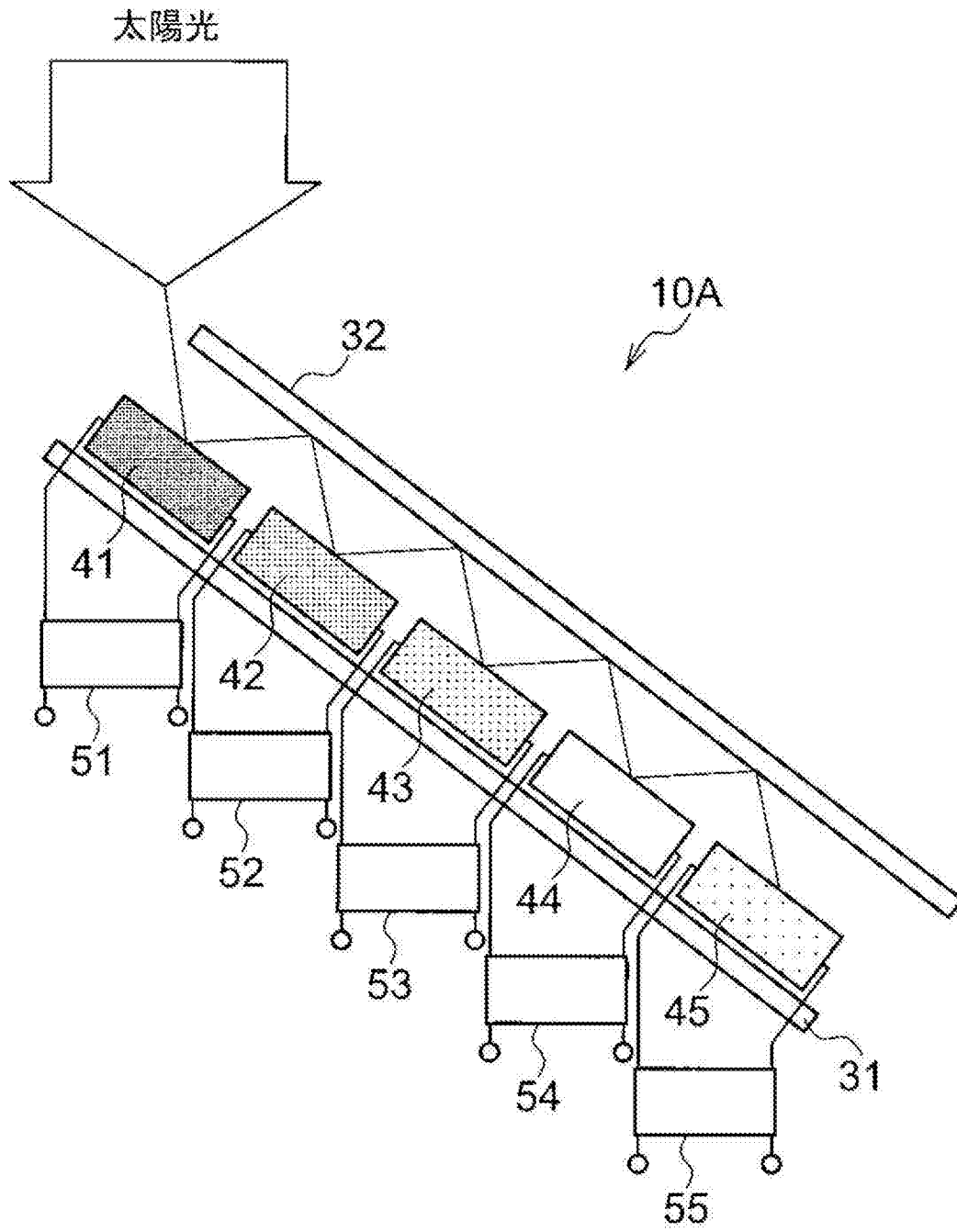
[図5]



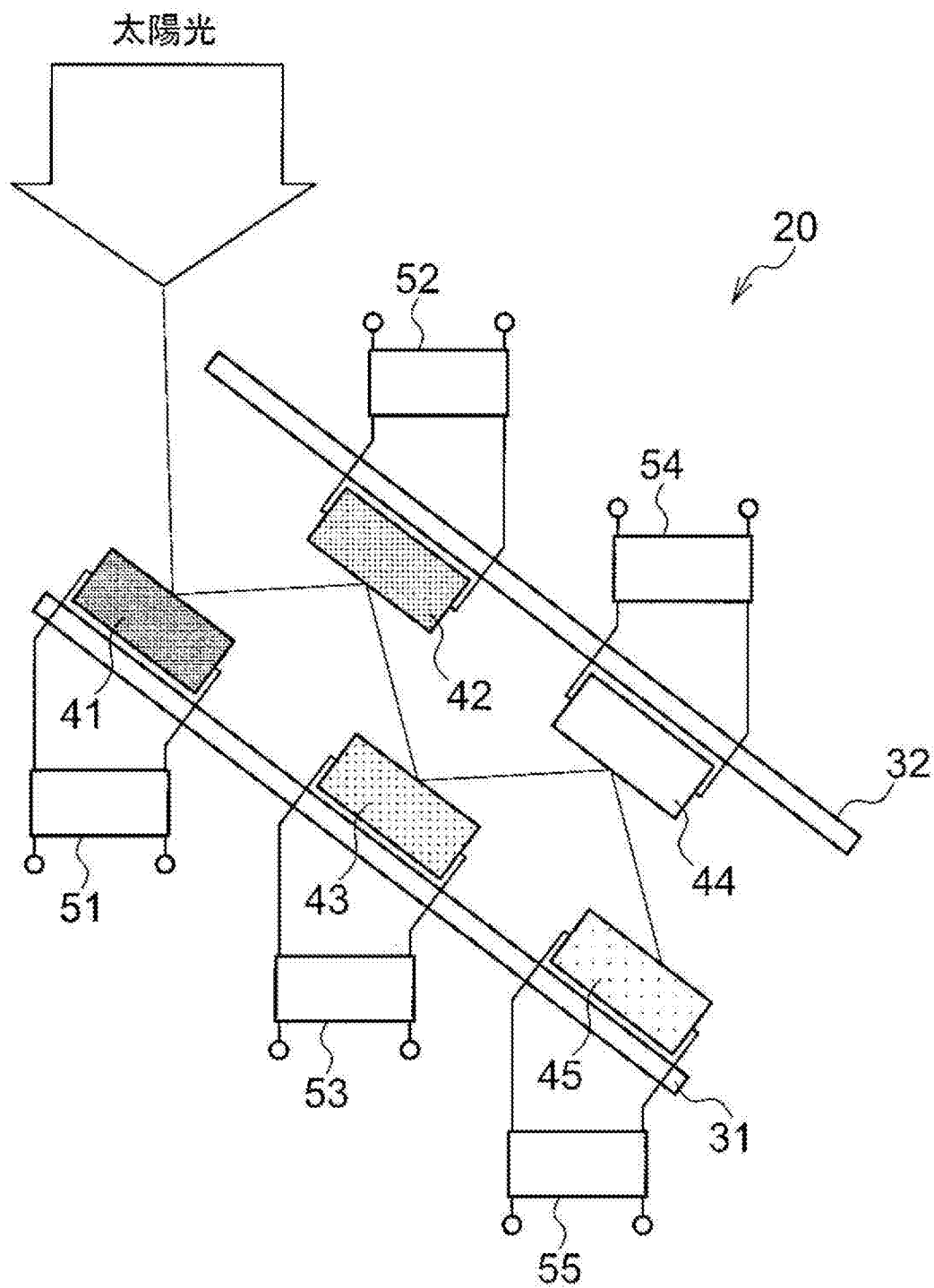
[図6]



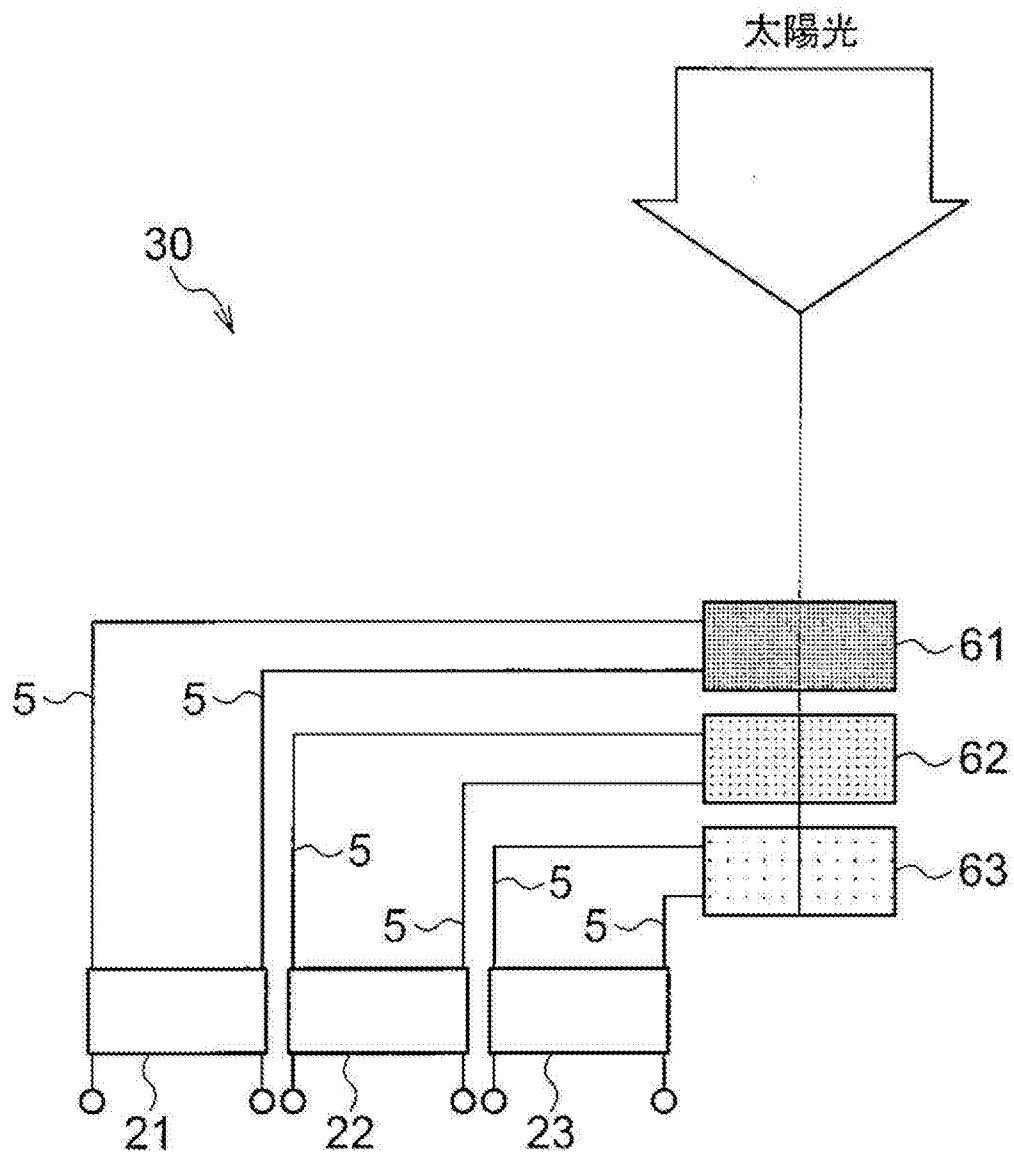
[図7]



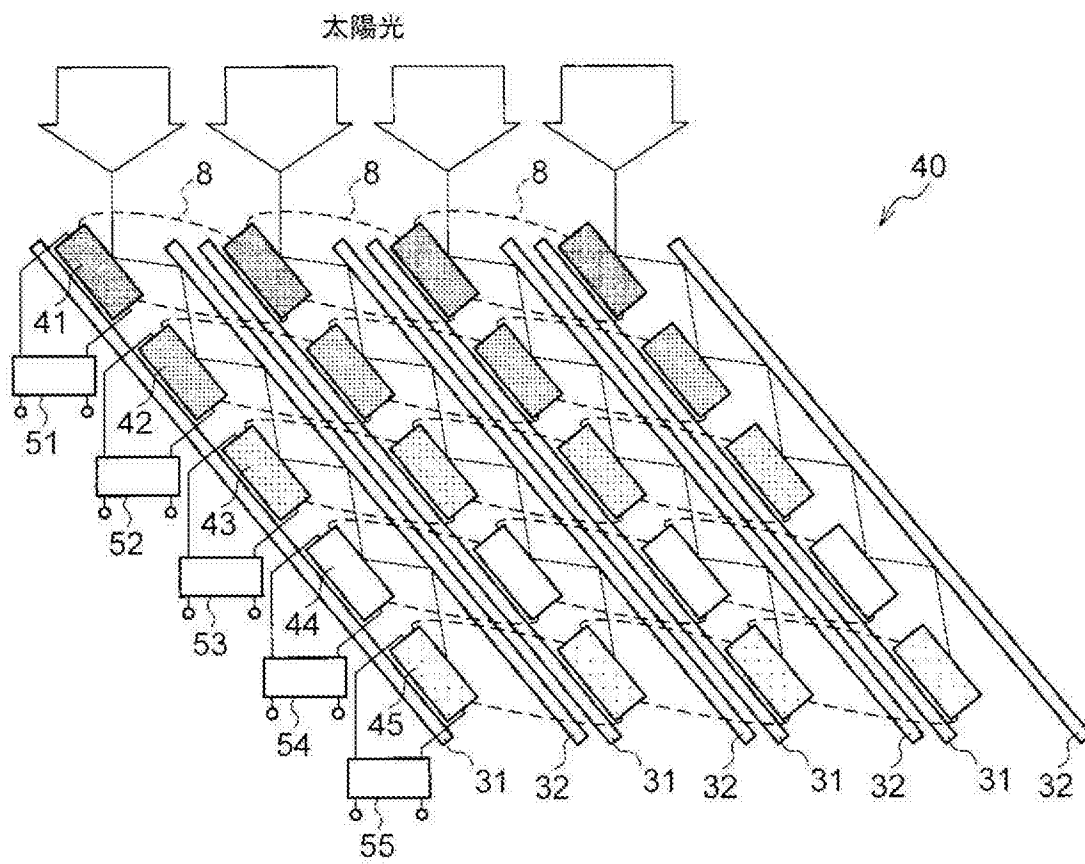
[図8]



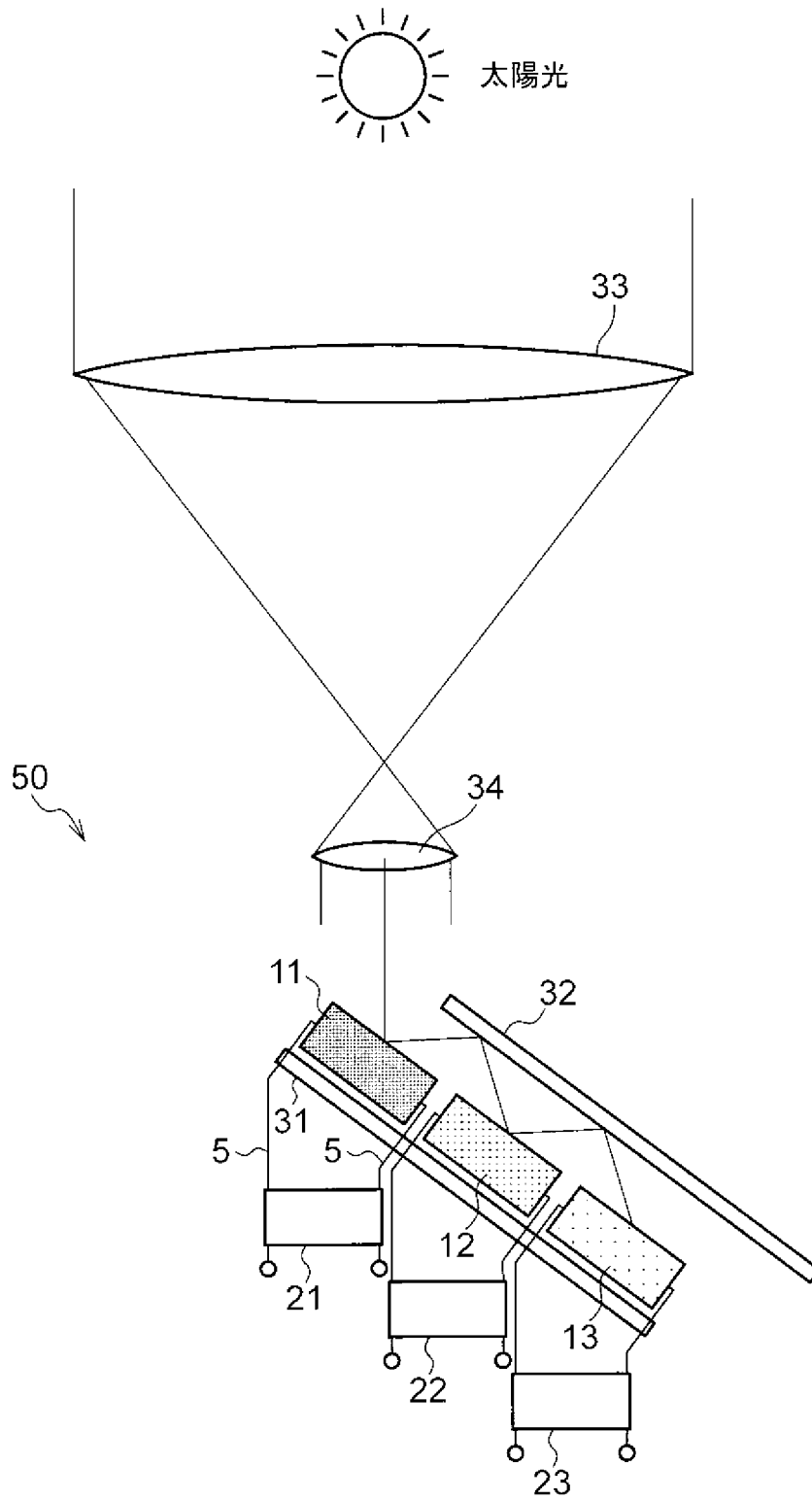
[図9]



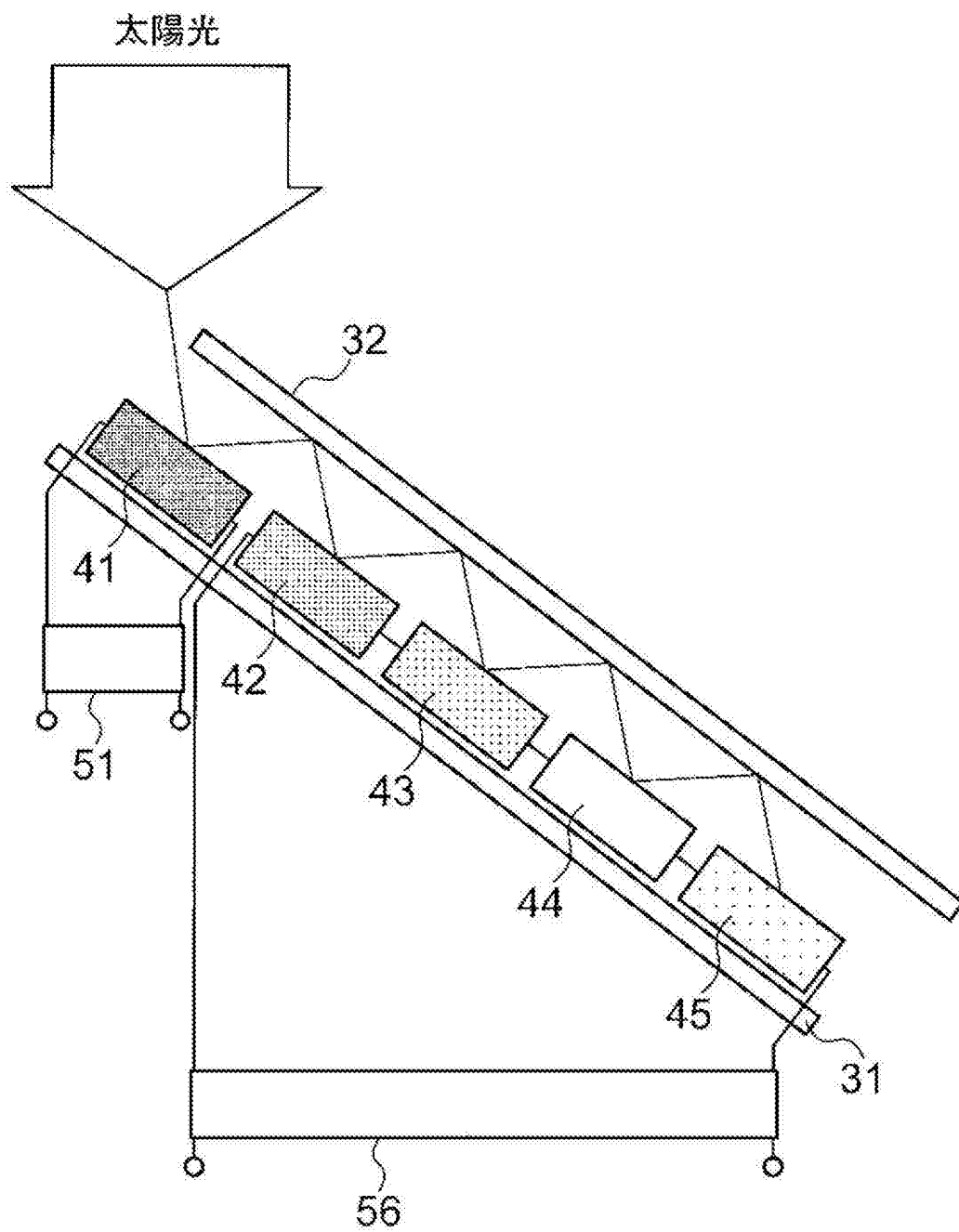
[図10]



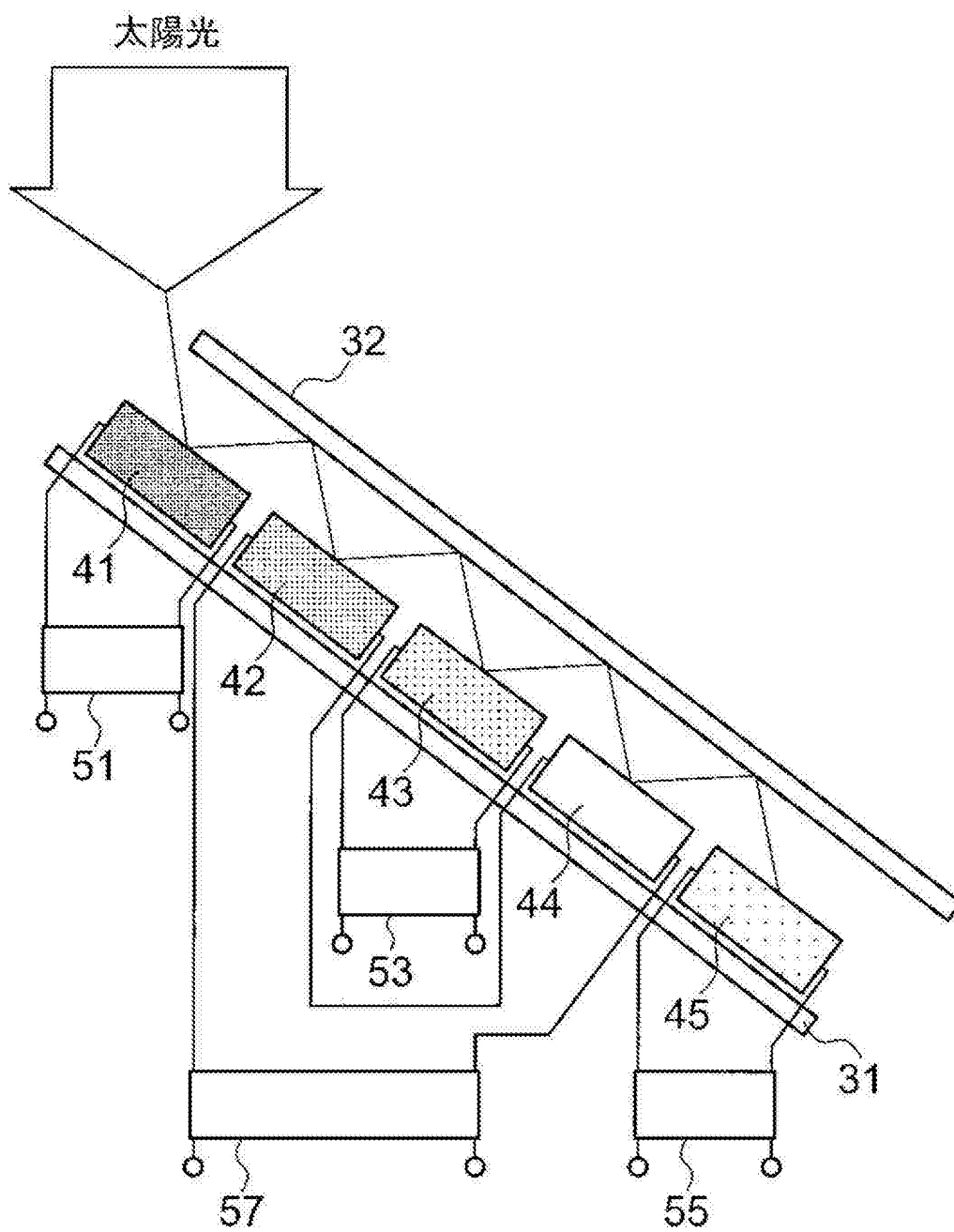
[図11]



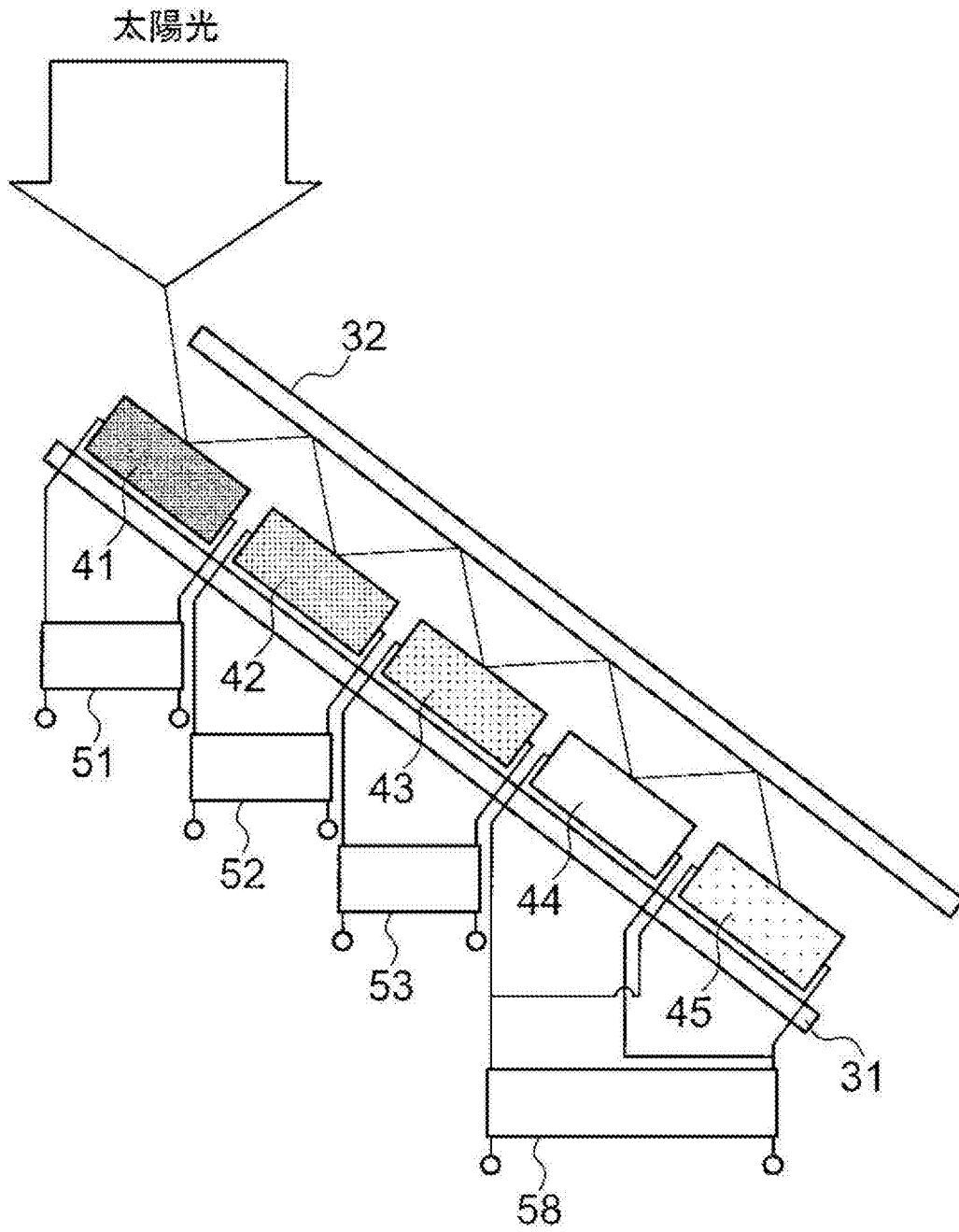
[図12]



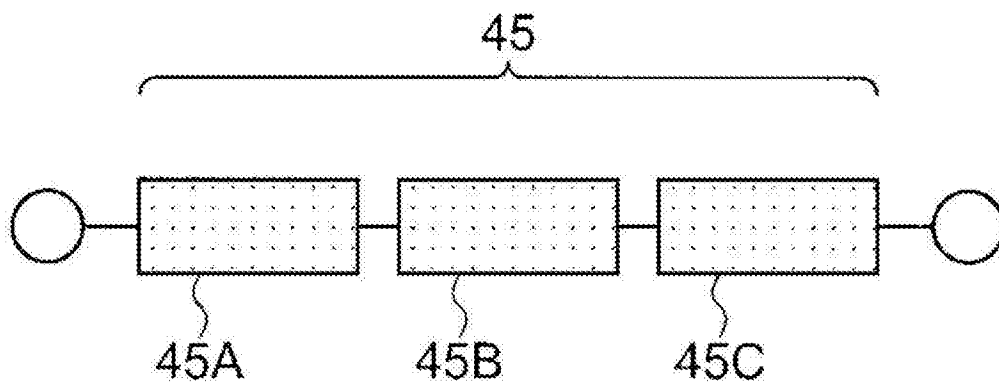
[図13]



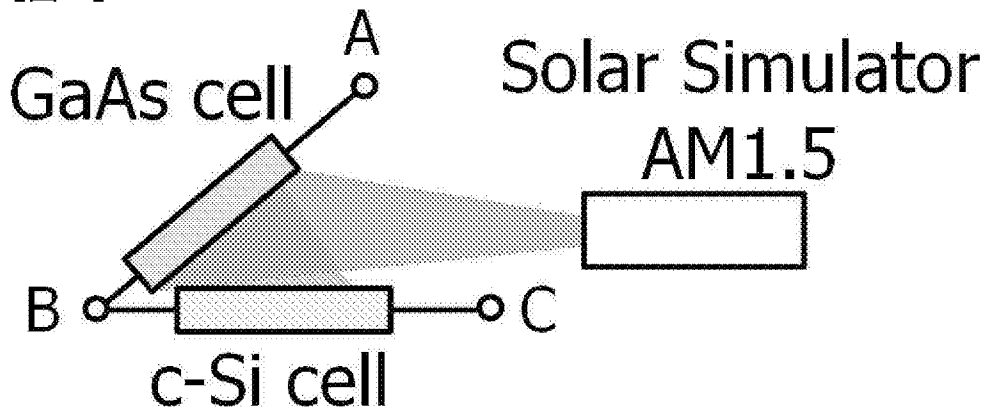
[図14]



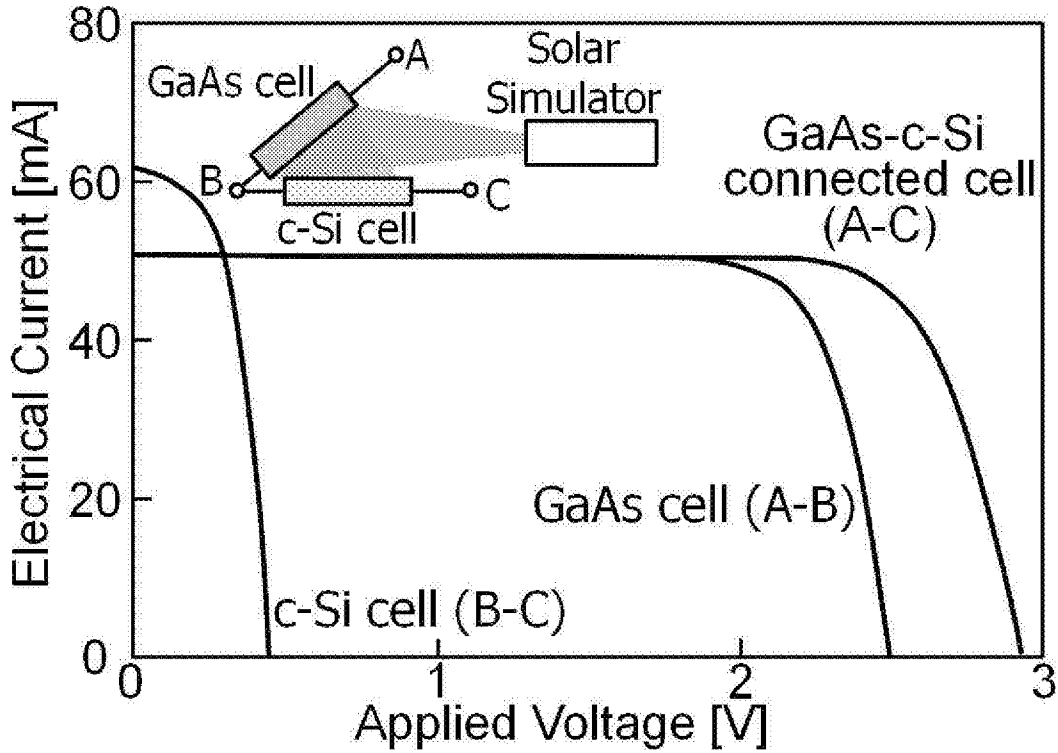
[図15]



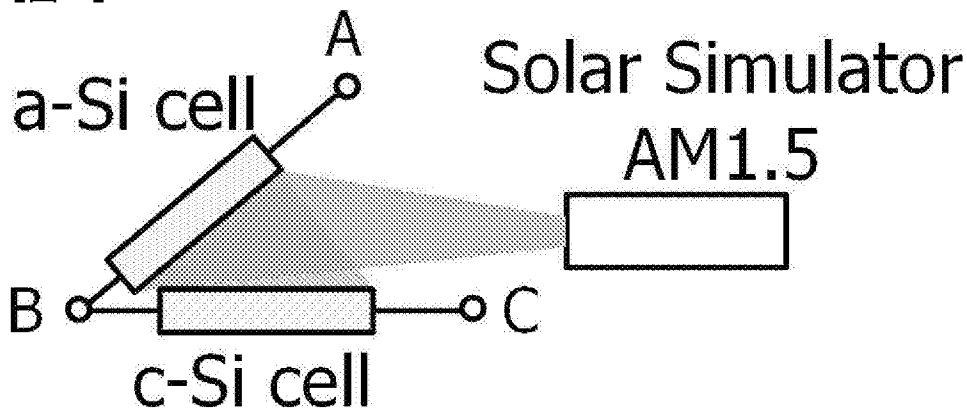
[圖16]

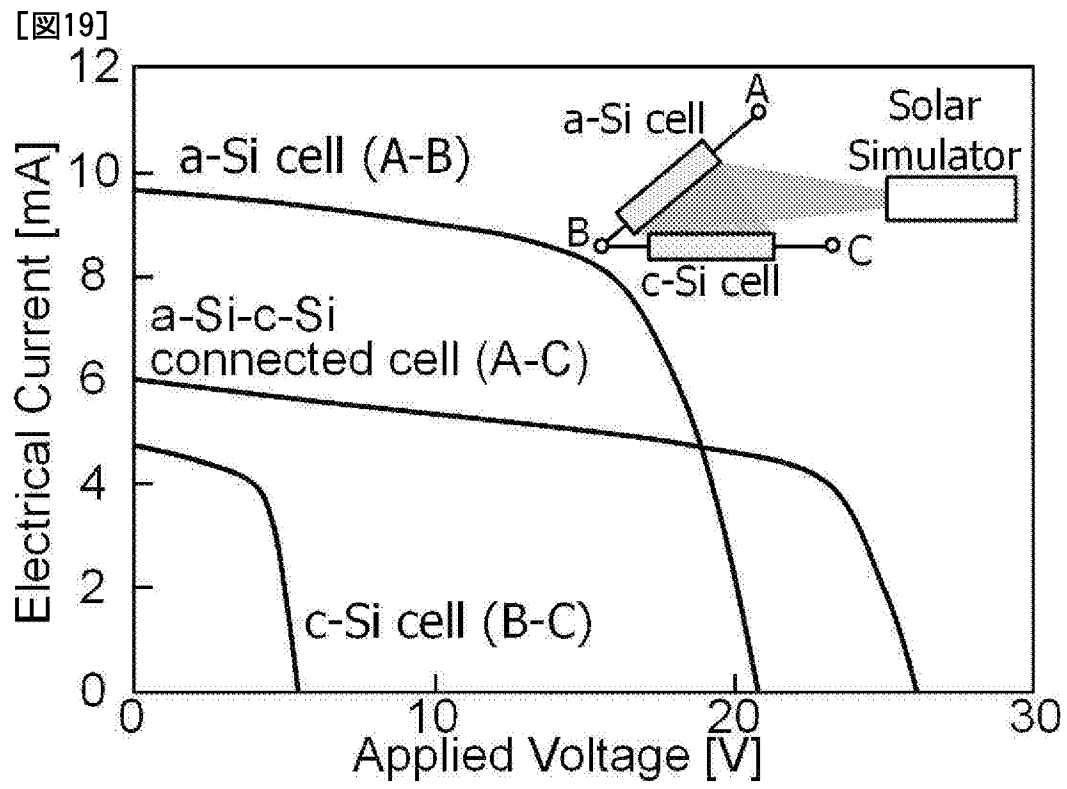


[圖17]



[圖18]





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/051852

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L31/042(2014.01) i, H01L31/054(2014.01) 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)
H01L31/042, H01L31/054

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2012-204673 A (Tokyo University of Agriculture and Technology), 22 October 2012 (22.10.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2009-289832 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 10 December 2009 (10.12.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2002-523904 A (The Trustees of Princeton University), 30 July 2002 (30.07.2002), entire text; all drawings & US 6198091 B1 & EP 1048084 A & WO 2000/011725 A1	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 19 February, 2014 (19.02.14)	Date of mailing of the international search report 04 March, 2014 (04.03.14)
---	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L31/042(2014.01)i, H01L31/054(2014.01)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. H01L31/042, H01L31/054		
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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
A	JP 2012-204673 A (国立大学法人東京農工大学) 2012. 10. 22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2009-289832 A (日立マクセル株式会社) 2009. 12. 10, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 「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 「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 「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) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 19.02.2014	国際調査報告の発送日 04.03.2014	
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) 森江 健蔵 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K 4466

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
A	JP 2002-523904 A (ザ トラスティーズ オブ プリンストン ユ ニバーシティ) 2002.07.30, 全文、全図 & US 6198091 B1 & EP 1048084 A & WO 2000/011725 A1	1-6