

(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
2016 年 10 月 13 日(13.10.2016)



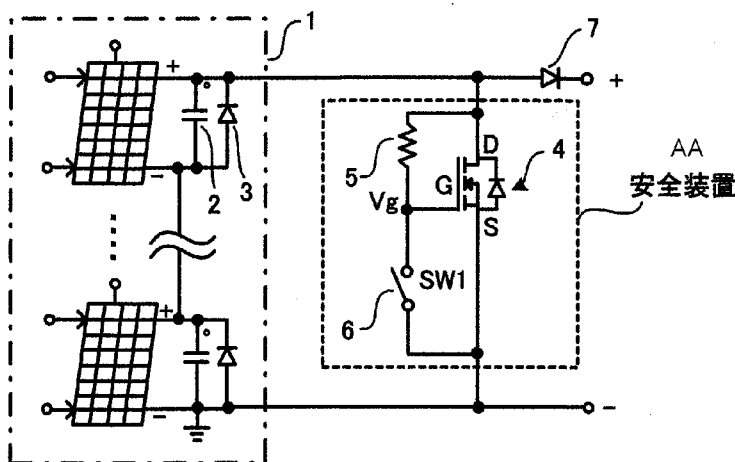
(10) 国際公開番号
WO 2016/163304 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/060720
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 31 日(31.03.2016)
- (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 2015-078094 2015 年 4 月 6 日(06.04.2015) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人東京工業大学(TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2-1-2 Tokyo (JP). クリーンエナジーファクトリー株式会社(CLEAN ENERGY FACTORY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒0881784 北海道根室市昆布盛 1-4-9 番地 1-2 Hokkaido (JP).
- (72) 発明者: 嶋田 隆一(SHIMADA Ryuichi); 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2-1-2 国立大学法人東京工業大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 五十嵐貞喜(IGARASHI Sadaki); 〒2060022 東京都多摩市聖ヶ丘 2-23-2-201 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, KE, KG, KN, KP, KR, 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).

[続葉有]

(54) Title: DC POWER SYSTEM SAFETY DEVICE

(54) 発明の名称: 直流電力系の安全装置



AA Safety device

(57) Abstract: The objective of the present invention is to provide a safety device that is inserted between the output terminals of a DC power system 1 in order to safely and simply short-circuit/release the output from a DC power system generating high voltage, such as a solar cell string wherein many solar cell modules are connected in series. This safety device is characterized by being equipped with one MOSFET 4, a resistor 5 connected between the drain and gate of the MOSFET 4, and a switch 6 connected between the source and gate of the MOSFET 4. When the switch 6 is turned off, the MOSFET 4 is turned on by the output voltage from the DC power system 1, with the result that the output from the DC power system 1 is short-circuited, and the threshold voltage of the MOSFET 4 (10V or less) is attained. Conversely, when the switch 6 is turned on, the MOSFET 4 turns off, and the voltage from the DC power system 1 is output.

(57) 要約: 本発明は、太陽電池モジュールを多数直列接続した太陽電池ストリングのような高い電圧を発生する直流電力系の出力を安全かつ簡便に

短絡／解放するために、直流電力系 1 の出力端子間に挿入する安全装置を提供することを目的とする。その安全装置は、一つの MOSFET 4 と、MOSFET 4 のドレイン－ゲート間に接続された抵抗器 5 と、MOSFET 4 のソース－ゲート間に接続されたスイッチ 6 とを備えたことを特徴とする。スイッチ 6 をオフにすると、直流電力系 1 の出力電圧によって MOSFET 4 がオンになり、その結果、直流電力系 1 の出力が短絡され、MOSFET 4 の閾値電圧（10V 以下）になる。その逆に、スイッチ 6 をオンにすると、MOSFET 4 がオフとなり、直流電力系 1 の電圧が出力される。

WO 2016/163304 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 直流電力系の安全装置

技術分野

[0001] 本発明は、直流電力系の安全装置に関し、特に、太陽電池モジュールを多数直列接続した太陽電池ストリングのような高電圧の直流電池のような電源や、電気自動車、スマートハウス等の直流電力系の事故時に、それらの直流電流を安全に短絡又は遮断、解放させることが可能な安全装置に関する。

背景技術

[0002] 太陽電池モジュール (photovoltaic module) は、屋根や屋上等に設置され、太陽光を浴びることにより発電を行うものである。太陽電池モジュールには、10cm角程度の太陽電池セル（以下単に「セル」という。）と呼ばれる小さな四角の物体が多数敷き詰められており、それらのセル一つ一つが太陽電池となっている。太陽電池モジュールは、強化や保護のためにガラスコーティングなどの加工が施され、単体で製品として販売されている。

[0003] 複数の太陽電池モジュールを直列に配線して、まとまった電力が得られるよう互いに接続したものを、太陽電池ストリング（以下、単に「ストリング」という。）と呼ぶが、さらに十分な出力を得るため、複数のストリングを並列に配線し、架台などによって屋根などへ設置された太陽電池モジュールの集合は、太陽電池アレイと呼ばれる。

太陽電池アレイが所定の出力電圧を満足するように、各ストリングは逆流防止ダイオード（後述）を介して並列接続される。逆流防止ダイオードは、太陽電池アレイの一部が日陰になった場合に、太陽電池アレイ間の電圧アンバランスによる太陽電池アレイ間の逆電流を防止するためのものである。

[0004] また、太陽電池モジュールに並列に接続されるバイパスダイオード（後述）は、日陰になったり故障したりした太陽電池モジュールを保護する働きをしている。すなわち、日陰になったり故障したりした太陽電池モジュールは、その不具合部分において電流が流れにくくなるので、それをバイパスさせ

るためにバイパスダイオードが設けられている。

[0005] 太陽光発電設備は、小規模のものは住宅の屋根に10枚程度、大規模のものは広い場所に数百枚から数万枚の太陽電池モジュールを直列・並列に接続して置かれる。太陽電池モジュールは、1枚では数十ボルト（V）、数アンペア（A）程度の出力であるので、取り扱いに危険は少ないが、直列に接続されたストリングとなると数百V（400V～1000V）にもなり、人体が感電すると生命に危険がある。

[0006] このような太陽電池モジュールを設置施工する場合、太陽電池モジュールに光が当たると発電してしまうため、配線作業中に感電する危険性がある。そのため、配線作業時には絶縁手袋を使用して感電しないように注意したり、太陽電池モジュールに太陽光を遮蔽するシート等を被せ、発電しないようにする必要があった。

しかしながら、絶縁手袋を使用する作業は効率が悪く、また、遮光シートを用いる場合は、全ての太陽電池モジュールに被せる必要があり、また、風等によってシートが剥がれた場合には太陽電池モジュールが発電をしてしまう危険性があり、安全対策としては不十分であった。

[0007] そこで、予め太陽電池モジュールの出力の正電極と負電極をスイッチ等で短絡することにより、感電しても安全な低い電圧に保持し、設置作業終了後に、スイッチ等の短絡を解除するという方法が提案されている（例えば、特許文献1、特許文献2）。

特に、特許文献2に記載の方法は、特許文献1の図2のスイッチ1を半導体素子（トランジスタ）で置き換えたものであり、その動作を図10を用いて説明する。図10は、特許文献2の図1と同じであるが、説明の都合上、参照符号を変更している。

[0008] 図10において、太陽電池モジュール105は、多数接続されたセル101と、セル101のプラス側107とマイナス側108との間に接続されたトランジスタ102と、セル101のプラス側とトランジスタ102のベースとの間に挿入されたリードリレー103と、トランジスタ102と並列に

接続されたバイパスダイオード１０４を備えている。また、リードリレー１０３はノーマリーオープンであるが、太陽電池モジュール１０５の外部から磁石１０６を用いて磁界をかけることによってオンすることができる。

[0009] まず、太陽電池モジュール１０５の外部から磁石１０６を用いて磁界をかけ、リードリレー１０３をオン状態にしておく。最初トランジスタ１０２はオフの状態であるが、セル１０１に光が当たると発電するため、トランジスタ１０２のベースは太陽電池モジュール１０５の出力電圧と同電位となる。このため、ベース電流が流れ、トランジスタ１０２はオン状態となり、太陽電池モジュール１０５の出力は短絡される。

[0010] 従って、設置作業中に誤って太陽電池モジュール１０５の出力端子に接触しても、感電事故を起こす危険はなくなる。設置作業終了後、磁石１０６を取り去ることにより、リードリレー１０３はオープンとなり、トランジスタ１０２のベース電流が遮断されるため、トランジスタ１０２はオフ状態となり、通常の発電電力を出力することが可能となる。

[0011] 一方、現在稼働中の太陽電池モジュールが故障等したりした場合、当該太陽電池モジュールを含むストリングをスイッチを用いてシステムから切り離す必要がある。

特に、１枚の太陽電池モジュールであれば、その出力は５０Ｖ以下であるので特に問題にはならないが、複数の太陽電池モジュールが直列接続されたストリングになると、出力が４００Ｖ～１０００Ｖにもなるので、機械的スイッチでは、ストリングから電流が流れている状態で回路を切断すると、アークが発生してしまうといった問題があった。

アークを防ぐためには大型の直流リレー等のスイッチを使用する必要があり、回路の開閉に大きな設備を必要とする。

[0012] このため、ストリングをシステムから切り離す前に、流れる電流を止めて安全な電圧にまで下げておけば、保守や修理のための切り離しは容易である。

このような直流電流の開閉の問題は、太陽電池モジュールのストリングの

みならず、例えば電気自動車やスマートハウスの蓄電池等の高圧の直流電源の取り扱いにおいても同様に起こる問題である。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開平5－218481号公報

特許文献2：特開平6－125104号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] しかしながら、特許文献2に記載の発明は、リードリレー3に太陽電池モジュール7の全電圧がかかるため、流れる電流は少ないが、電圧は最高電圧がかかるのでリードリレー3の耐電圧が問題となる。

一般のリードリレーの耐電圧は200V程度が限度であるから、特許文献2に記載の短絡回路は、出力が400V～1000Vにもなるストリング等の高圧直流電力系の短絡には使用できないという問題がある。

[0015] 本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑み為されたものであり、ストリングのような高い電圧を発生する直流電力系の出力を安全かつ簡便に短絡／解放することが可能な直流電力系の安全装置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に、本発明に係る、直流電力系の出力を短絡させるために該直流電力系の出力端子間に挿入する安全装置は、一つのMOSFETと、該MOSFETのドレイン－ゲート間に接続された抵抗器と、前記MOSFETのソース－ゲート間に接続されたスイッチとを備え、さらに、前記MOSFETがNチャンネルの場合は、前記MOSFETの前記ドレインを前記直流電力系のプラス出力端子に、前記ソースを前記直流電力系のマイナス出力端子にそれぞれ接続し、或いは、前記MOSFETがPチャンネルの場合は、前記MOSFETの前記ソースを前記直流電力系のプラス出力端子に、前記ドレインを前記直流電力系のマイナス出力端子にそれぞれ接続

することを特徴とする。

発明の効果

[0017] このような構成の直流電力系の安全装置によれば、ストリング等の高い電圧の太陽光発電装置の出力を安全かつ簡便に短絡及び解放することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に係る直流電力系の安全装置の第1実施形態を示す回路図である。

[図2]本発明に係る直流電力系の安全装置の第1実施形態の変形例を示す回路図である。

[図3]本発明に係る直流電力系の安全装置の第2実施形態を示す回路図である。

[図4]本発明の第2実施形態におけるスイッチのインターロック機構について説明するための図である。

[図5]本発明に係る直流電力系の安全装置の第3実施形態を示す回路図である。

[図6]本発明に係る直流電力系の安全装置の第4実施形態を示す回路図である。

[図7]本発明に係る直流電力系の安全装置の第5実施形態を示す回路図である。

[図8]本発明に係る安全装置を内蔵した太陽電池モジュールの実施例を示す図である。

[図9]本発明に係る直流電力系の安全装置のシミュレーション回路（A）と、その結果（B）を示す図である。

[図10]太陽電池モジュールの安全装置の従来技術を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] [第1実施形態：図1]

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

図1は、本発明に係る直流電力系の安全装置の第1実施形態を示す回路図である。

図1において、参照符号1で示すものは、高圧の直流電力系の実施例である太陽電池ストリングである。なお、ここでは直流電力系1が太陽電池ストリングである場合を示しているが、これに限定されないことは言うまでもない。

また、「太陽電池ストリング」を、説明の都合上、以下「ストリング」と呼ぶこととする。

[0020] 図1において、ストリングを構成する各太陽電池モジュールのプラスとマイナスの間には、コンデンサ2及びバイパスダイオード3がそれぞれ並列に接続されている。コンデンサ2は、日光や温度変化による発電電力の変化の影響を和らげ、太陽電池モジュールの発電電力を安定化させる働きをする。また、バイパスダイオード3は、上述の通り、日陰になったり故障したりした太陽電池モジュールにおいて、電流をバイパスさせることにより、ストリング1の発電を維持する働きをする。

[0021] また、ストリング1の出力のプラスとマイナスの間には、ストリング1の出力を短絡するための半導体スイッチの一種であるMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 4が並列接続されるとともに、MOSFET 4のドレインDーゲートG間には抵抗器5が接続され、MOSFET 4のゲートGーソースS間には第1スイッチ6 (SW1) が接続されている。

MOSFET 4は、図の抵抗器5の下端の電圧 V_g によってオン／オフを制御するようになっている。

また、SW1は、MOSFET 4のオン／オフを制御する電圧 V_g を切り換える目的で設けられているものであり、SW1が開放（オフ）の時は、 V_g はストリング1の出力電圧（＝ドレインDの電位）にほぼ等しくなり、SW1が短絡（オン）の時は V_g はゼロ電圧になる。

[0022] MOSFETの場合、ゲート電流がほとんど流れず、オン時のドレインD

ーソースS間電圧も低い（約2.5V）ことから、出力短絡用のスイッチとして好適である。

なお、逆流防止ダイオード7は、上述の通り、ストリング1の一部が日陰になった場合に、他のストリングとの間の電圧アンバランスによる逆電流の流入を防止するためのものである。

[0023] また、SW1がオフになっている時は、 V_g は略MOSFET4の閾値に等しい低い電圧になっており、また、流れる電流もわずか（数10mA）であるため、SW1は微小電流用のスイッチを用いる必要がある。逆に言えば、微小電流用のスイッチで済むため、低電圧用の手動スイッチを用いても安全に操作できる。

また、SW1としては、一般的なトグルスイッチのような手動スイッチや、リードスイッチ、後述のリレーを採用することもできる。

なお、抵抗器5の抵抗値はMOSFET4のベータ値（トランスコンダクタンス値）に応じて決定するが、数k Ω で十分である。なお、ここでは10k Ω とした。

[0024] 以上の構成において、本発明に係る直流電力系1の安全装置の第1実施形態の動作について説明する。

ストリング1の設置時にSW1をオフにしておくと、太陽電池モジュールに太陽光が当たると太陽電池モジュールが発電を開始する。そうすると、図1の V_g の電圧が上がり、MOSFET4の閾値電圧を超えるとMOSFET4がオンになる。

[0025] すると、 V_g が下がり、MOSFET4のオン電圧（ $\simeq V_g$ ）はMOSFET4の閾値付近（10V以下）に収束する。太陽電池モジュールは、光の強さに比例した定電流源であるため、太陽電池モジュールには最大短絡電流以上は流れない。

[0026] また、MOSFET4の短絡によりストリング1の電圧が他のストリングの電圧より低くなっても、逆流防止ダイオード7によって逆電流の流入を防止できるので安全である。

これにより、作業者が万ースtring 1 の出力に感電したとしても、String 1 の出力電圧は 10 V 以下であるため、全く人体には影響がない。

[0027] 次に、すべての太陽電池モジュールの設置工事が完了し、String 1 の通常発電を開始する場合は、SW 1 をオンにする。すると、V_g がゼロ電圧になるため、MOSFET 4 がオフとなり、String 1 の通常発電が開始される。

一方、保守作業、建物等の火災又は大規模地震等の発生時や、String 1 の一部の太陽電池モジュールに不具合等が発生した場合には、String 1 の出力を短絡させて危険のない電圧に下げることがある。そのような場合には、SW 1 をオフにすることによりString 1 の出力を短絡することができる。

また、SW 1 がオフのときが安全サイド（MOSFET 4 が短絡状態）であるため、SW 1 がオン状態の時に、SW 1 が接点不良又は破損してオフになっても安全であるという特長がある。

[0028] この第 1 実施形態では、SW 1 がオンの状態だと抵抗器 5 にはString 1 の発電電圧（例えば約 600 V とする。）がかかるので、SW 1 に流れる電流は、 $600\text{ V} \div 10\text{ k}\Omega = 60\text{ mA}$ となる。また、SW 1 がオフの状態であれば、SW 1 の接点間には約 2.5 V しかかからない。従って、上述の通り SW 1 は微小電流用のスイッチでよい。

また、図 1 では、MOSFET 4 が N チャンネルの場合を図示しているが、MOSFET 4 が P チャンネルの場合はプラスとマイナスが逆になるだけであるので、図示は省略した。

[0029] 次に、本発明の第 1 実施形態の変形例を図 2 を用いて説明する。図 2 は、本発明の第 1 実施形態の変形例を示す図である。図 2 が図 1 と異なる点は、図 1 の MOSFET 4 をバイポーラ・ジャンクション・トランジスタ（BJT）に代えた点のみである。

図 2 の BJT 4 は、NPN 型トランジスタ 2 個をダーリントン接続したものであるが、トランジスタ 1 個でも勿論構わない。ダーリントン接続したト

ランジスタの直流電流増幅率（ hFE ）は、各トランジスタの hFE の積に等しくなるので、ダーリントン接続によって hFE を大きくすることができ、ベース電流を小さくすることができるという利点がある。一般に、ダーリントン接続されたトランジスタの hFE は1000以上になるので、ベース電流はわずかである（1mA未満）。

[0030] これ以外の点の説明は、上記図1の説明における「ドレインD」を「コレクタC」と、「ゲートG」を「ベースB」と、「ソースS」を「エミッタE」と、それぞれ置き換えれば同様である。ただし、ダーリントン接続の場合のオン時のコレクタC－エミッタE間電圧は、一般的には、MOSFETのオン時のドレインD－ソースS間の電圧よりも低い。

また、BJTの代わりに、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（以下「IGBT」という。）を用いてもよい。IGBTは大電力の高速スイッチングに適している。なお、IGBTを用いた場合の動作説明は、上記図1の説明における「ドレインD」を「コレクタC」と、「ソースS」を「エミッタE」と、それぞれ置き換えれば同様である。

[0031] [第2実施形態：図3及び図4]

次に、本発明の第2実施形態について、図3を用いて説明する。図3は、本発明に係る直流電力系の安全装置の第2実施形態を示す回路図である。

図3に示す第2実施形態が第1実施形態（図1）と異なるのは、第2実施形態が、ストリング1と他のストリング又は機器等との接続／遮断を切り換える第2スイッチ8（SW2）を逆流防止ダイオード7に直列に接続した点と、SW1とSW2とが“インターロック機構”になっていることである。その他の点は第1実施形態と同じであるので、説明は省略する。

なお、インターロック機構とは、一般には、ある一定の条件が整わないと他の動作ができなくなるような機構のことを意味するが、本発明の場合は、SW1とSW2の操作順が所定の順序に設定されていることを意味している。

[0032] 図4は、本発明の第2実施形態におけるスイッチのインターロック機構に

ついて説明するための図である。インターロック機構によるSW1及びSW2の動作について、図4を用いて説明する。

(1) 切換動作が「遮断時」の場合

最初にSW1をオフしてからSW2をオフする。この順序でしないと操作ができないようにしてある。何故この順序で操作をするのかを説明する。

SW1及びSW2がオンの状態では、ストリング1では通常の発電が行われており、その出力電流（直流）がSW2を介して外部に流出している。この電流が数十Aになると、SW2をオフしようとしても空気中でアーク放電して電流を遮断できないという問題がある。

[0033] そこで、まずSW1を先にオフすることによってMOSFET4をオン状態にし、ストリング1の出力を短絡する。短絡によってストリング1の電圧が直流母線の電圧より低くなれば逆流防止ダイオード7によって逆電流はゼロになるので、SW2は無電流で遮断することができる。

[0034] (2) 切換動作が「接続時」の場合

最初にSW2をオンしてからSW1をオンする。この順序でしないと操作ができないようにしてある。何故この順序で操作をするのかを説明する。もし、先にSW1をオンしてしまうと、その瞬間にMOSFET4がオフとなり、ストリング1の発電が開始されて、SW2には大きな電圧がかかる。この状態でSW2の接点に触れてしまうと危険であるので、まだSW1がオフである状態（ストリング1の出力が短絡状態）の時に先にSW2をオンすれば安全だからである。このインターロック機構によって安全性がさらに向上する。

[0035] [第3実施形態：図5]

次に、本発明の第3実施形態について、図5を用いて説明する。図5は、本発明に係る直流電力系の安全装置の第3実施形態を示す回路図である。

第3実施形態が第1実施形態と異なる点は、第3実施形態では、抵抗器5に直列に発光ダイオード9を接続した点である。

[0036] 図5において、SW1をオンすると、MOSFET4のゲートがソースと

同電位となるので、MOSFET 4 はオフとなり、ストリング 1 の出力電流が抵抗器 5 を通して発光ダイオード 9 に流れる。抵抗器 5 は発光ダイオード 9 の電流制限抵抗として機能するが、発光ダイオードは数 mA の順電流で点灯させることができるので、抵抗器 5 は数 k Ω で十分である。発光ダイオード 9 が点灯することにより、ストリング 1 が発電中（直流電力系 1 が稼動中）であることを作業者に知らせ、注意を喚起することができるという効果がある。

[0037] 〔第 4 実施形態：図 6〕

次に、本発明の第 4 実施形態について、図 6 を用いて説明する。図 6 は、本発明に係る直流電力系の安全装置の第 4 実施形態を示す回路図である。

第 4 実施形態が第 1 実施形態と異なる点は、第 4 実施形態では、図 1 の SW 1 を単極双投スイッチで置き換え、MOSFET 4 のゲートソース間に b 接点（ノーマリークローズ）を接続し、MOSFET 4 のドレインソース間に a 接点（ノーマリーオープン）を接続した点である。この SW 1 は例えば単極双投のリレーを利用すれば、外部から遠隔制御をすることができるので好ましい。

[0038] この単極双投スイッチとしてリレーを用いた場合の安全装置の動作を図 6 を用いて説明する。図 6（A）は、b 接点がオンしているので、MOSFET 4 のゲートがソースと同電位となり、MOSFET 4 はオフとなっていることを示している。

ここでリレーの電源をオンすると、リレーのコイルが電磁石となり、b 接点に接触していた可動片が磁石の力で a 接点側に吸い寄せられて a 接点がオンになる（図 6（C））。

a 接点がオンになると、ドレインソース間（すなわち、直流電力系 1 の出力間）が短絡され、直流電力系 1 からの電流は a 接点を流れる。

[0039] しかしながら、図 6 の（A）から（C）に遷移するまでには、約 1 ms ～ 2 ms のタイムラグがあり、その間は図 6（B）の状態になる。

すなわち、この時間内は、MOSFET 4 がオンになり、直流電力系 1 が

短絡され、直流電力系 1 からの電流が MOSFET 4 を通して流れる。しかし、約 1 ms ~ 2 ms 経過後に a 接点がオンになり（図 6（C））、電流はオン抵抗の小さい a 接点を通して流れるため、MOSFET 4 の発熱はほとんどない。

[0040] 図 6（C）の状態から、逆に、リレーの電源をオフすると、可動片は通電接点の a 接点から離れ、一時的に図 6（B）の状態になる。そうすると、MOSFET 4 はまだオンのままであり、オン電圧は 10 V 以下であるからアークは発生せずに、a 接点を流れていた電流は MOSFET 4 に転流する。1 ms ~ 2 ms 後に b 接点がオンになると（図 6（A））、MOSFET 4 はオフになり、遮断は終了する。

[0041] 高電圧、大電流の開閉器の場合、一般的には短絡スイッチとして利用する半導体スイッチの発熱による損失が問題となるが、この回路を利用すれば MOSFET 4 の導通による発熱は短時間であり、問題とならないので放熱器が不要となる。また、a 接点と b 接点との間の空間距離があるため、a 接点を十分離れた後に、b 接点に到達してから電流オフで電圧が発生する。今迄は、主電極を開極した後に時間遅れで半導体スイッチを遮断する必要があったのが、これによりその動作が自動的に確実に行われるので、この安全装置は高電圧の直流遮断器として好適である。

なお、単極双投スイッチがリレーである場合を例として説明したが、補助接点付のリレーや単極双投の手動スイッチでも同様の効果が得られることは勿論である。

また、MOSFET 4 の代わりに、高電圧、大電流用の IGBT を用いれば、1500 V、数百 A 程度の直流遮断器を実現することが可能であり、電気自動車の保護用遮断器等として小型軽量なので有用である。

[0042] 〔第 5 実施形態：図 7〕

上述の第 1 乃至第 4 実施形態においては、MOSFET 4 のボディダイオードの存在により、逆方向の電流に対しては阻止できないので、電圧が逆転すると常に導通状態となる。太陽光発電設備の故障若しくは事故の状況によ

っては、電流が逆に流れる故障モードになる可能性も否定できない。例えば、ストリングが接続されるDC母線の電圧が異常になる場合や、極性が反転する場合等である。

次に説明する第5実施形態は、遮断時に電流の方向が定まらない、あるいは逆方向に流れる場合でも遮断することが可能な安全装置である。

[0043] 図7は、本発明に係る直流電力系の安全装置の第5実施形態を示す回路図であり、本発明の第5実施形態について、図7を用いて説明する。なお、図中、aは「a接点」を、bは「b接点」を表している。

図7において、4個のダイオード(d1～d4)をそれぞれ2個ずつ直列に順接続した2組のダイオード列(d1, d2)と(d3, d4)とMOSFET4とを、d1及びd3のカソード側をMOSFET4のドレイン側に、d2及びd4のアノード側をMOSFET4のソース側にそれぞれ接続する。そして、MOSFET4のドレイン－ゲート間にさらに抵抗器5を接続する。

[0044] さらに、スイッチ6として2極双投スイッチを採用し、スイッチ6の一方の双投スイッチのb接点(a接点は無接続)をMOSFET4のゲートに接続し、そのコモン接点をMOSFET4のソースに接続するとともに、スイッチ6の他方の双投スイッチのa接点(b接点は無接続)を前記各ダイオード列の一方のダイオード列の midpoint に接続し、そのコモン接点を他方のダイオード列の midpoint に接続することによって、安全装置(1点鎖線で囲った部分)が構成される。

そして、各ダイオード列の各 midpoint を直流電力系1の端子間に接続して使用するものである。

[0045] この第5実施形態の安全装置の特徴は、電流を図7の上から下でも、下から上でも双方向に流せる直流電流双方向型であるという点である。

例えば、上側がプラスで、下側がマイナスの場合、スイッチ6をb接点からa接点に切り換えると、接点の接続は一時的に図6(B)と同様の状態になり、図7のMOSFET4がオンとなる。

その結果、直流電力系 1 のプラス側（上）から流れ出た電流は、上からダイオード d 1 を通り、M O S F E T 4 からダイオード d 4 を通ってマイナス側（下）に流れ、直流電力系 1 が短絡される。そして、1 m s ～ 2 m s 後には右側の双投スイッチの a 接点が導通するため、電流は a 接点を通して上から下へと流れる。

[0046] その逆に、スイッチ 6 の a 接点を開放すると、接点の接続は一時的に図 6（B）と同様の状態になり、図 7 の M O S F E T 4 はオンの状態を維持している。

電圧は 1 0 V 以下であるからアークは発生せずに、a 接点を流れていた電流はダイオード d 1 を通して M O S F E T 4 に転流し、さらにダイオード d 4 を通ってマイナス側に流れる。1 m s ～ 2 m s 後に b 接点がオンになると（図 7 の状態）、M O S F E T 4 はオフになり、遮断は終了する。この時は、電流は、ダイオード d 1 から抵抗器 5 を通り、さらに左側の双投スイッチの b 接点からダイオード d 4 を通ってマイナス側に流れる。

[0047] この回路は上下対称であるから、下側がプラスで、上側がマイナスの場合も全く同様に動作する。この場合、上記説明において、「ダイオード d 1」を「ダイオード d 3」に、「ダイオード d 4」を「ダイオード d 2」に置き換えて読めばよい。

従って、この安全装置は、直流の電流双方向のスイッチとして機能する。直流配電では電流がどちら方向に流れるかわからないので、この安全装置を直流電流電 1 に挿入しておけば安全性がさらに向上する。

また、この回路は M O S F E T が一つだけで直流電流双方向スイッチとして機能するところが優れている。なお、2 極双投スイッチは、手動スイッチでも電動リレースイッチでもどちらでもよい。

[0048] 図 8 は、本発明に係る安全装置を内蔵した太陽電池モジュールの実施例を示す図である。

（A）は図 1 の第 1 実形態の安全装置を太陽電池セルの出力に並列に接続して太陽電池モジュールとして構成したものである。また、（B）は図 5 の第

3実形態の安全装置を太陽電池セルの出力に並列に接続して太陽電池モジュールとして構成したものである。

なお、この図では、短絡用の半導体スイッチとしてMOSFETを使用しているが、MOSFETのボディダイオードがバイパスダイオードとして利用できる利点がある。近年のMOSFETのボディダイオードのオン電圧は、1.2V程度であり、一般のダイオードと遜色ないレベルである。

太陽電池モジュールに初めから安全装置が組み込まれていれば、設置時の作業の安全性向上に寄与することができる。

[0049] 図9は、本発明に係る直流電力系の安全装置のシミュレーション回路(A)と、その結果(B)を示す図である。

図9(A)において、太陽電池モジュールは、400V、4Aの発電電力を出力する等価回路で表している。

[0050] 図9(B)は、シミュレーション結果を表すチャートである。(1)V_{p v}は、太陽電池モジュールの出力電圧を表しており、スタートから0.05秒後までは400Vが出力されていることを示している。

また、(2)I_{o u t}は、外部に出力される電流の大きさを表しているのに対し、I_{p v}は、太陽電池モジュールで発電した電流の大きさを示している。I_{p v}は4A一定であることが分かる。

[0051] (3)P_{o w e r}は、太陽電池モジュールの発電電力を表しており、スタートから0.05秒後までは400V×4A=1600Wが出力されていることを示している。

また、(4)V_{g a t e}=1Vの時にSW1がオンになり、その結果としてMOSFETのゲートGが接地されるため、MOSFETはオフとなり、

(B)の一番上のチャート(1)に示すように、太陽電池モジュールの出力電圧V_{p v}は、0~0.05sまでは400Vに保持されている。

[0052] また、(4)V_{g a t e}はMOSFETのゲート電圧を制御するスイッチSW1を駆動する電圧信号である。V_{g a t e}=1Vの時、SW1がオンになり、その結果、MOSFETのゲートが接地されるためMOSFETはオ

フとなる。このため、 $V_{gate} = 1V$ が維持される0～0.05秒までは太陽電池モジュールで発電した電力がそのまま出力される。

[0053] 0.05秒後に $V_{gate} = 0V$ になると、SW1がオフとなり、その結果MOSFETのゲート電圧が V_{pv} になるため、MOSFETがオンになり、(1)に示すように、 V_{pv} は略0Vまで下がる。

また、 I_{pv} はMOSFETを通して流れるため、外部には流出せず、 I_{out} はゼロとなる((2)参照)。その結果、(3)Powerもゼロとなる。

以上のシミュレーションの結果、本発明に係る直流電力系の安全装置の動作及び効果が確認された。

[0054] 本発明の安全装置をストリングに適用した場合、特別な制御用電源も要らず、太陽電池モジュールで発電した電圧を利用してMOSFET等のゲートをオンすることで、ストリングの電圧を短絡させて出力をゼロにすることができる。また、手動でスイッチをオンし、MOSFET等のゲートを接地することでMOSFET等をオフすることができる。

ゲートの電流を手動スイッチで開閉するための電圧、電流は数V、数十mAであり、アークなど存在しないので電極寿命も問題ない。この安全装置は部品数が少なく低コストである部品で構成され、小型で接続ボックス内に収納できるのも特徴である。

[0055] 本発明の利点は、太陽発電中、ストリング毎に無電圧にして、接続／遮断スイッチ(SW2)で離脱できることである。10年以上の寿命を想定している太陽光発電装置は運転保守が重要である。その場合、ストリング毎に本発明の安全装置で短絡して電圧を落とし、その後、接続／遮断スイッチ(SW2)をオフにして、短絡電流や解放電圧をストリング毎に測定したり、水洗いなど清掃を行うことも可能になる。

[0056] この発明の実施形態においては、直流電力系1は太陽電池ストリングを例として説明したが、これに限定されるものではない。例えば電気自動車の事故時の電池や、スマートハウスの火災時の蓄電池等の高圧の直流電力系にも

同様に適用可能である。

そこでは、遮断する電流が流れる回路にインダクタンスがある場合、遮断時にサージ電圧が発生するので、その対策として必要に応じてバリスタなどの過電圧保護装置を付加する。

[0057] また、スイッチ6（SW1）のオン／オフ制御を、手動ではなく、外部からの信号によって遠隔制御するようにしてもよい。スイッチの数が数百もあるような大規模な太陽光発電設備の場合は、緊急時に一斉にオフすることによって、全ての太陽電池モジュールの運転を停止させることが可能となる。

以上で実施形態の説明を終了するが、以上説明した各実施形態、動作及び変形例の構成は、相互に矛盾しない限り任意に組み合わせて実施可能であることはもちろんである。

符号の説明

- [0058]
- 1 直流電力系（太陽電池ストリング）
 - 2 コンデンサ
 - 3 バイパスダイオード
 - 4 半導体スイッチ（MOSFET、BJT、IGBT）
 - 5 抵抗器
 - 6 第1スイッチ
 - 7 逆流防止ダイオード
 - 8 第2スイッチ
 - 9 発光ダイオード

請求の範囲

- [請求項1] 直流電力系の出力を短絡させるために、該直流電力系の出力端子間に挿入する安全装置であって、該安全装置は、
- 一つのMOSFETと、該MOSFETのドレインゲート間に接続された抵抗器と、前記MOSFETのソースゲート間に接続されたスイッチとを備え、さらに、
- 前記MOSFETがNチャンネルの場合は、前記MOSFETの前記ドレインを前記直流電力系のプラス出力端子に、前記ソースを前記直流電力系のマイナス出力端子にそれぞれ接続し、或いは
- 前記MOSFETがPチャンネルの場合は、前記MOSFETの前記ソースを前記直流電力系のプラス出力端子に、前記ドレインを前記直流電力系のマイナス出力端子にそれぞれ接続することを特徴とする直流電力系の安全装置。
- [請求項2] 前記MOSFETを絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（以下「IGBT」という。）で置換したものであって、前記ドレインが前記IGBTのコレクタであり、かつ、前記ソースが前記IGBTのエミッタであることを特徴とする請求項1に記載の直流電力系の安全装置。
- [請求項3] 直流電力系の出力を短絡させるために、該直流電力系の出力端子間に挿入する安全装置であって、該安全装置は、
- 一つのバイポーラジャンクショントランジスタ（以下「BJT」という。）と、該BJTのコレクターベース間に接続された抵抗器と、前記BJTのエミッターベース間に接続されたスイッチとを備え、さらに、
- 前記BJTがNPN型の場合は、前記BJTの前記コレクタを前記直流電力系のプラス出力端子に、前記エミッタを前記直流電力系のマイナス出力端子にそれぞれ接続し、或いは、
- 前記BJTがPNP型の場合は、前記BJTの前記エミッタを前記直流電力系のプラス出力端子に、前記コレクタを前記直流電力系のマ

イナス出力端子にそれぞれ接続することを特徴とする直流電力系の安全装置。

[請求項4] 前記抵抗器に直列に発光ダイオードを挿入し、前記直流電力系が放電又は発電中である時に点灯させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の直流電力系の安全装置。

[請求項5] 前記直流電力系の出力端子のいずれかに、前記直流電力系の電力の接続／遮断を切り換える第 2 スイッチをさらに備え、

該第 2 スイッチをオンした後に前記スイッチのオンを許可し、前記スイッチをオフした後に前記第 2 スイッチのオフを許可するインターロック機構を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の直流電力系の安全装置。

[請求項6] 前記スイッチを双投スイッチで置き換えるとともに、該双投スイッチの b 接点を前記ゲートに接続し、前記双投スイッチの a 接点を前記ドレインに接続するとともに、前記双投スイッチのコモン接点を前記ソースに接続したことを特徴とする請求項 1 に記載の直流電力系の安全装置。

[請求項7] 前記スイッチを双投スイッチで置き換えるとともに、該双投スイッチの b 接点を前記ゲートに接続し、前記双投スイッチの a 接点を前記コレクタに接続するとともに、前記双投スイッチのコモン接点を前記エミッタに接続したことを特徴とする請求項 2 に記載の直流電力系の安全装置。

[請求項8] 前記スイッチを双投スイッチで置き換えるとともに、該双投スイッチの b 接点を前記ベースに接続し、前記双投スイッチの a 接点を前記コレクタに接続するとともに、前記双投スイッチのコモン接点を前記エミッタに接続したことを特徴とする請求項 3 に記載の直流電力系の安全装置。

[請求項9] 前記スイッチのオン／オフ制御を外部からの信号によって遠隔制御することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の直流電力系

の安全装置。

[請求項10] 請求項1乃至4のいずれかに記載の安全装置が内蔵されていることを特徴とする安全装置内蔵型太陽電池モジュール。

[請求項11] 直流電流双方向の電源の電流を開閉させるため、該電流の短絡・解放を行う直流電力系の安全装置であって、該安全装置は、

4個のダイオードをそれぞれ2個ずつ直列に順接続した2組のダイオード列と、1個のMOSFETと、2極双投スイッチとを備え、

前記2組のダイオード列のカソード側を1個のMOSFETのドレイン側に、前記2組のダイオード列のアノード側を1個のMOSFETのソース側にそれぞれ接続し、

前記MOSFETのドレイン－ゲート間にさらに抵抗器を接続し、

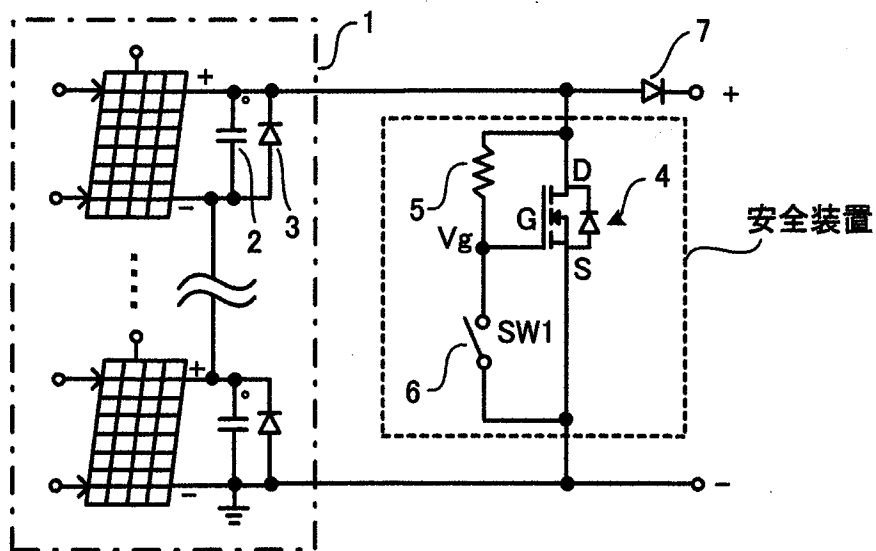
前記2極双投スイッチの一方の双投スイッチのb接点（a接点は無接続）を前記MOSFETのゲートに接続し、そのコモン接点を前記MOSFETのソースに接続し、

さらに、

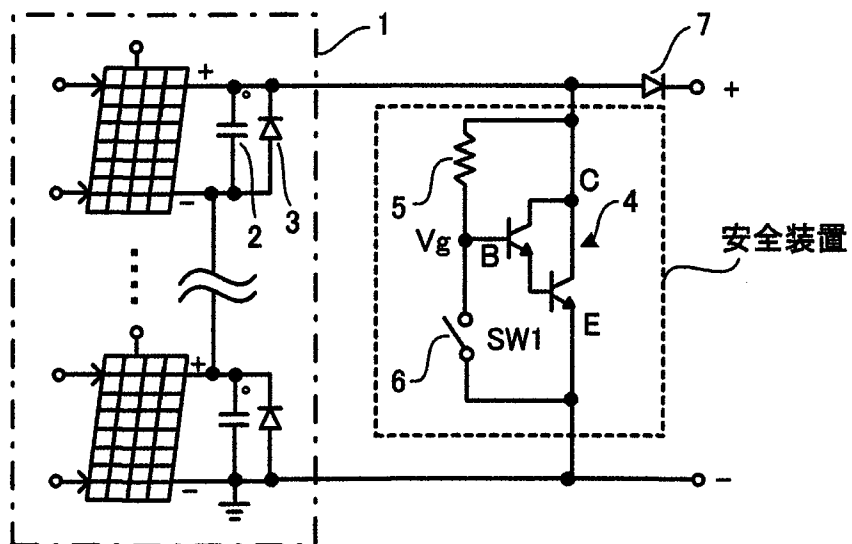
前記2極双投スイッチの他方の双投スイッチのa接点（b接点は無接続）を、前記各ダイオード列のうち一方のダイオード列の midpoint に接続し、そのコモン接点を他方のダイオード列の midpoint に接続するとともに、

前記各ダイオード列の各 midpoint を前記直流電流双方向の直流電力系の端子間に接続して使用することを特徴とする直流電力系の安全装置。

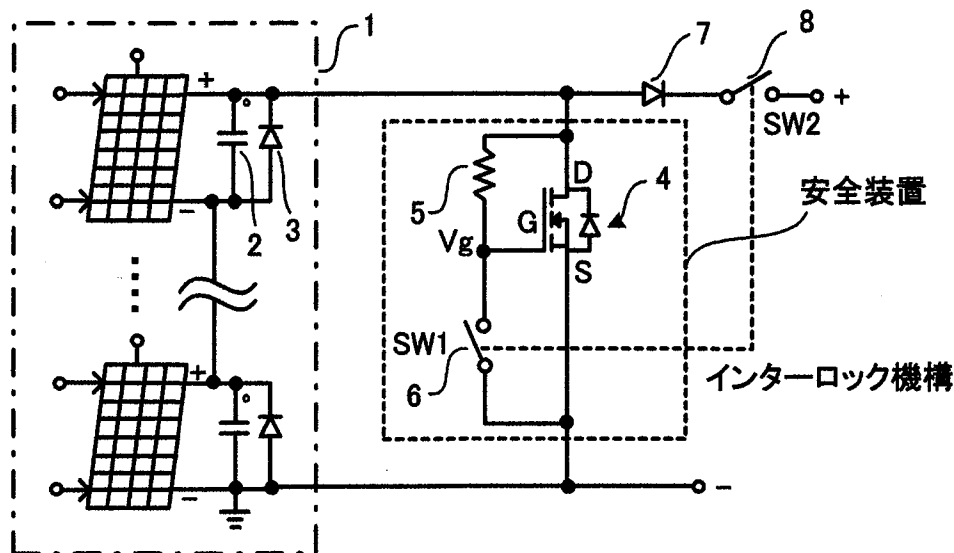
[図1]



[図2]



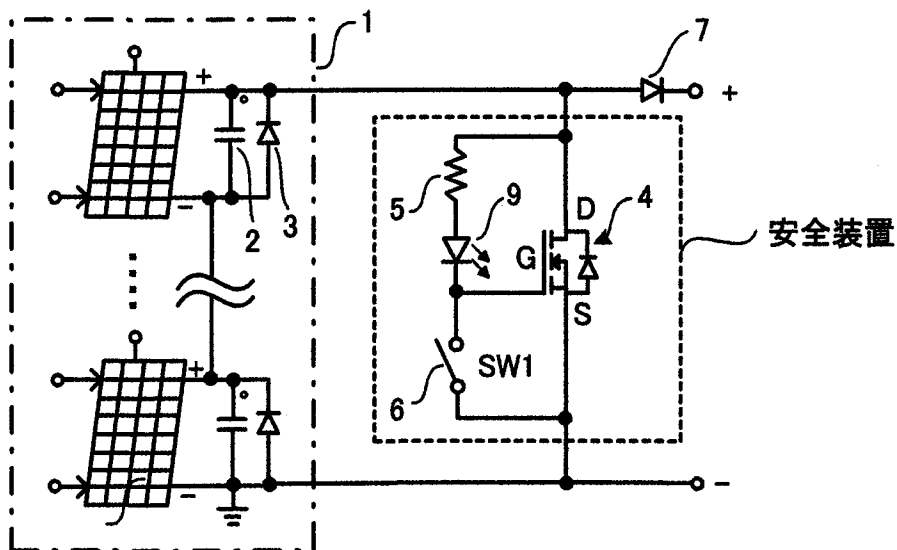
[図3]



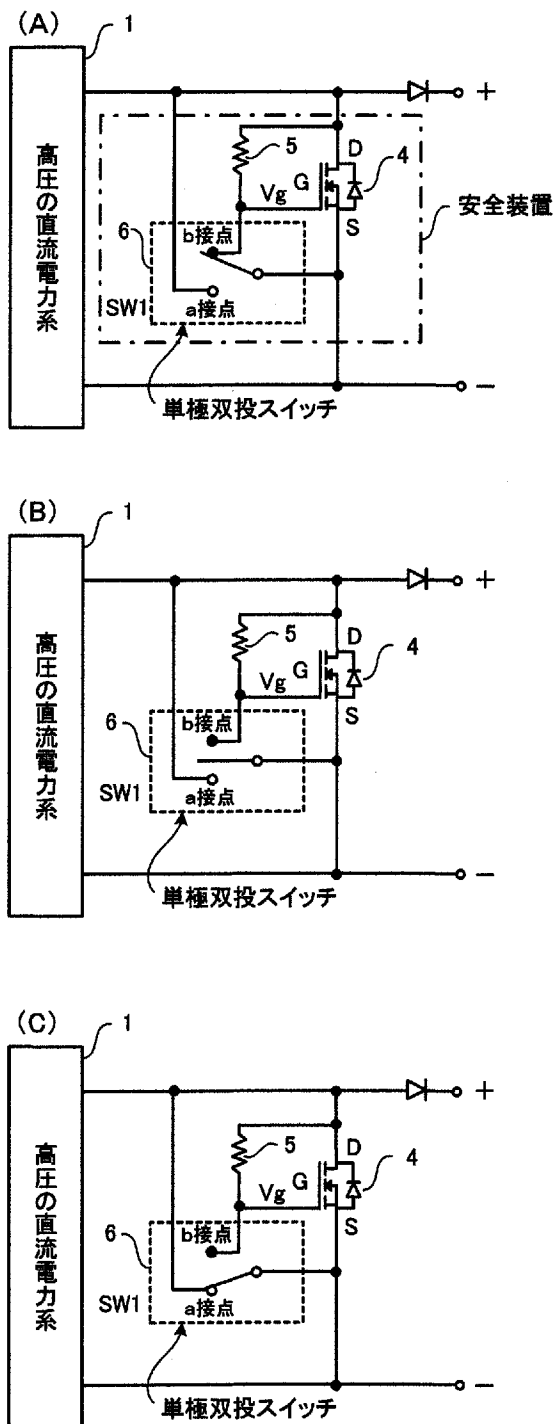
[図4]

切換動作	インターロック機構	MOSFETの状態	モジュールの発電
遮断時	SW1をOFF→SW2をOFF	OFF→ON	停止
接続時	SW2をON→SW1をON	ON→OFF	開始

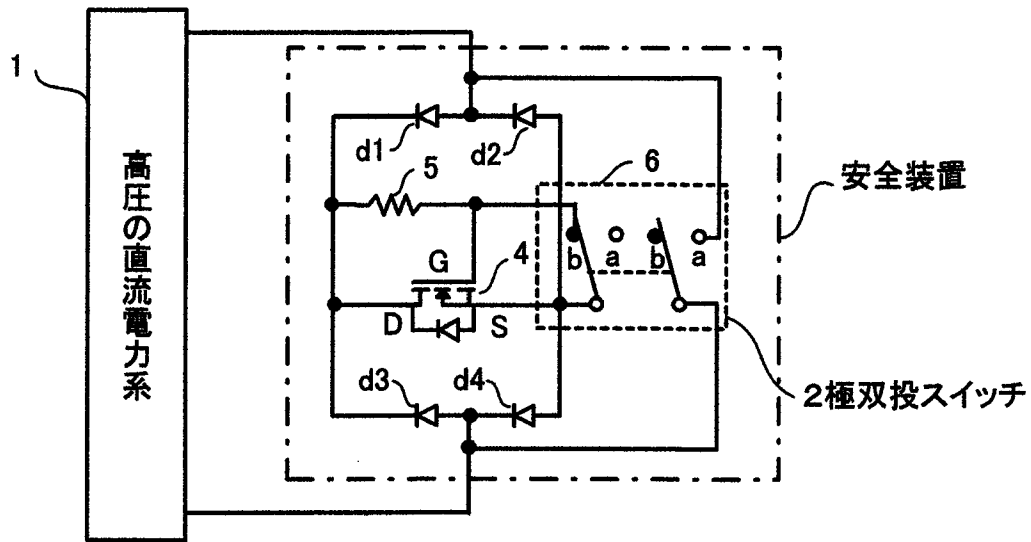
[図5]



[図6]

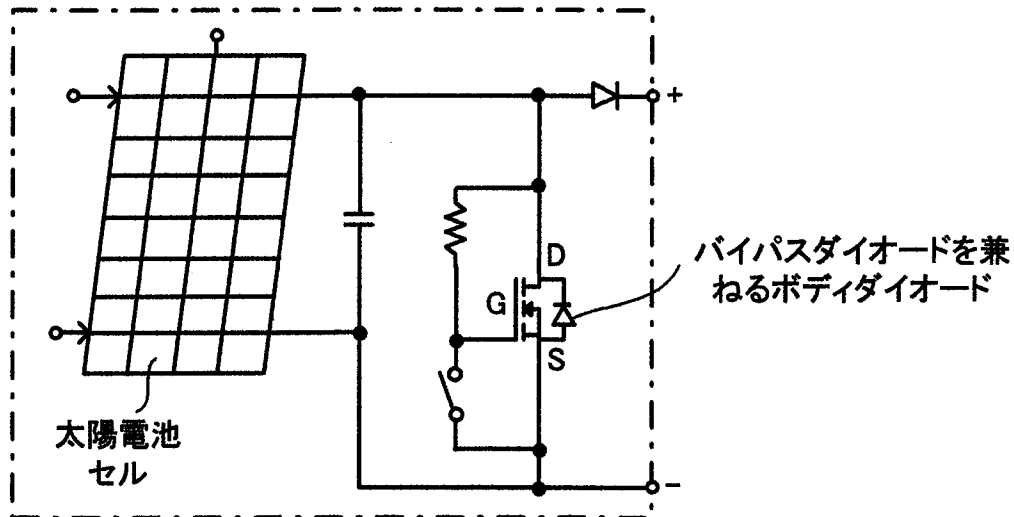


[図7]

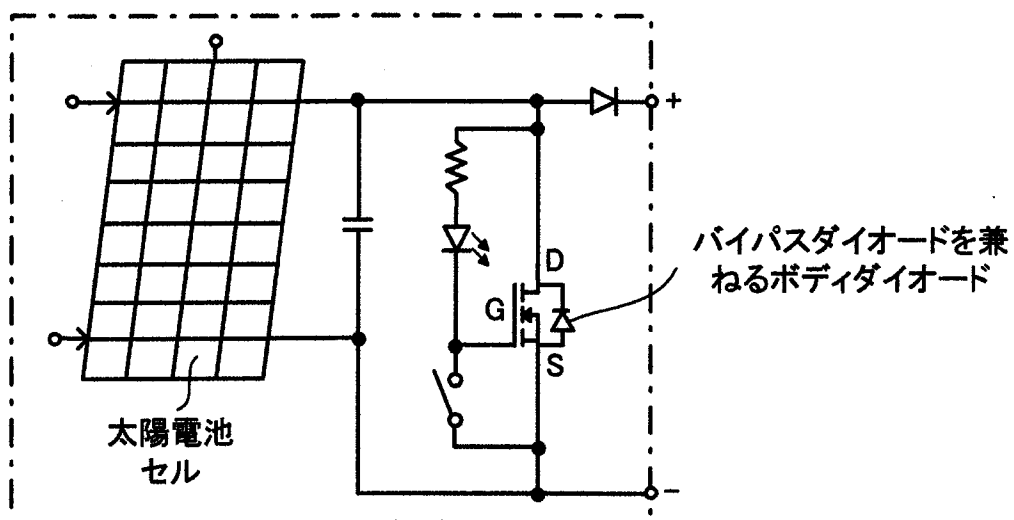


[図8]

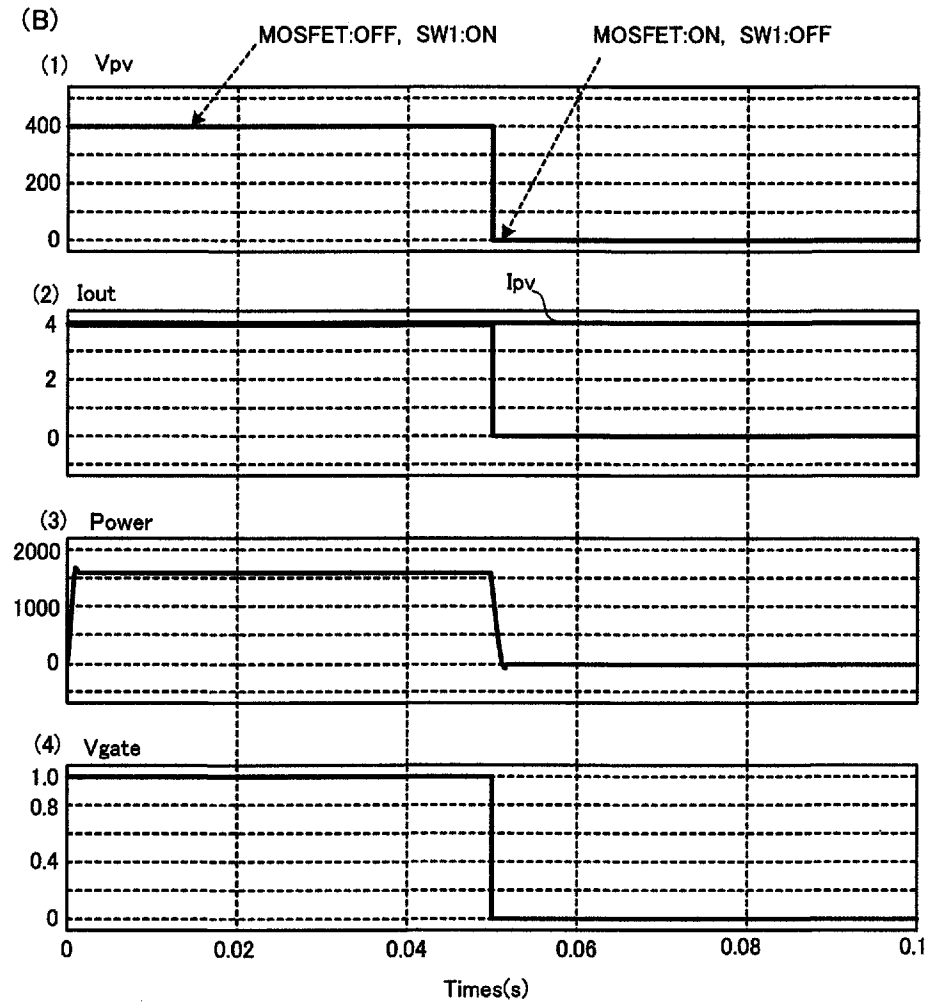
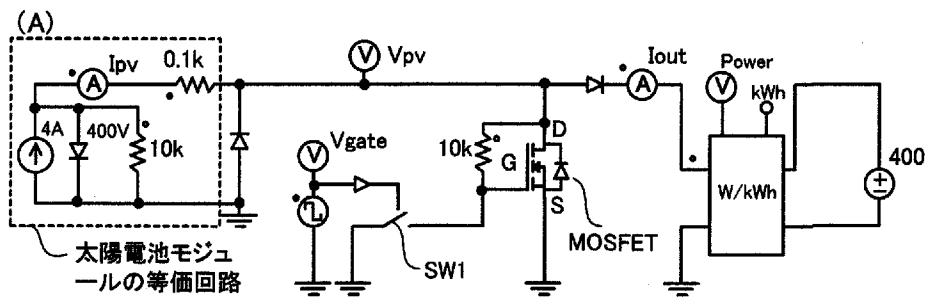
(A) 安全装置内蔵型太陽電池モジュール



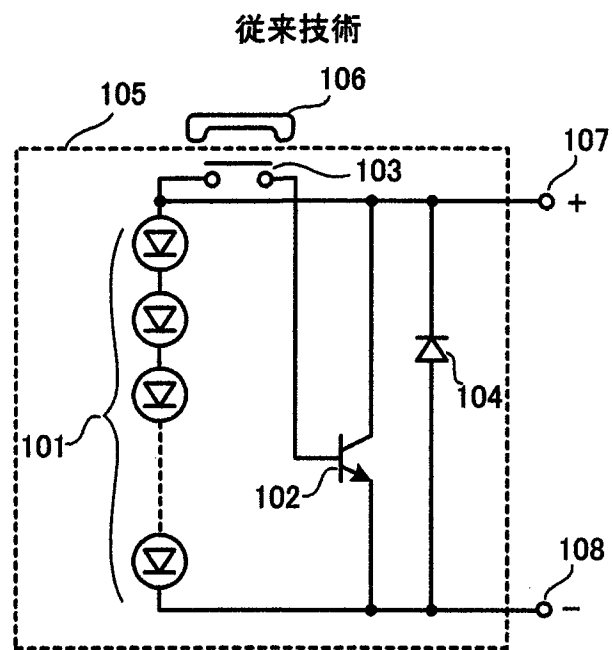
(B) 安全装置内蔵型太陽電池モジュール(LED表示灯付き)



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/060720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02J1/00(2006.01) 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) H02J1/00, H02S10/00, H02S40/00		
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 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016		
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 2011-199927 A (Mitsubishi Electric Corp.), 06 October 2011 (06.10.2011), paragraphs [0009] to [0012]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-11
A	JP 2014-68509 A (Hochiki Corp.), 17 April 2014 (17.04.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2004-511121 A (Congdon, James S.), 08 April 2004 (08.04.2004), paragraphs [0025] to [0032]; fig. 1 & WO 2002/009282 A1 & EP 1329023 A & CA 2417378 A	1-11
☐ 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 “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 April 2016 (20.04.16)		Date of mailing of the international search report 10 May 2016 (10.05.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J1/00(2006.01)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（I P C））

Int.Cl. H02J1/00, H02S10/00, H02S40/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で利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 2011-199927 A（三菱電機株式会社）2011.10.06, 段落【0009】－【0012】，図1－4（ファミリーなし）	1－11
A	JP 2014-68509 A（ホーチキ株式会社）2014.04.17，全文，全図 （ファミリーなし）	1－11
A	JP 2004-511121 A（コングドン，ジェームズ，エス．）2004.04.08, 段落【0025】－【0032】，図1 & WO 2002/009282 A1 & EP 1329023 A & CA 2417378 A	1－11

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

「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

の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

20.04.2016

国際調査報告の発送日

10.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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）

緑川 隆

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5 T

2950