

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6829432号
(P6829432)

(45) 発行日 令和3年2月10日(2021.2.10)

(24) 登録日 令和3年1月26日(2021.1.26)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 S 50/10 (2014.01) H O 2 S 50/10

請求項の数 3 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-225860 (P2016-225860) (22) 出願日 平成28年11月21日(2016.11.21) (65) 公開番号 特開2018-85787 (P2018-85787A) (43) 公開日 平成30年5月31日(2018.5.31) 審査請求日 令和1年9月24日(2019.9.24)</p>	<p>(73) 特許権者 000227180 日置電機株式会社 長野県上田市小泉81番地 (73) 特許権者 508373084 株式会社田原電機製作所 東京都府中市本町二丁目30番地 (74) 代理人 100104787 弁理士 酒井 伸司 (72) 発明者 徳嵩 文男 長野県上田市小泉81番地 日置電機株式 会社内 (72) 発明者 樋口 昌男 長野県上田市小泉81番地 日置電機株式 会社内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池特性測定装置および太陽電池特性測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発電状態の太陽電池の一对の出力端子間に接続される第1電子負荷部、当該第1電子負荷部に並列接続された第2電子負荷部、前記一对の出力端子間に出力される前記太陽電池の出力電圧を測定する電圧測定部、前記一对の出力端子間に出力される前記太陽電池の出力電流を測定する電流測定部、並びに前記第1電子負荷部および前記第2電子負荷部に対する制御を実行しつつ前記出力電圧および前記出力電流を取得することにより前記太陽電池の電流 - 電圧特性を測定する特性測定処理を実行する処理部を備え、

前記処理部は、

前記第1電子負荷部および前記第2電子負荷部を高抵抗状態に制御している状態において、当該第2電子負荷部のみを低抵抗状態に移行させる第1制御処理を実行しつつ前記出力電流を取得して、当該出力電流の増加が飽和するときの当該第2電子負荷部に対する特定制御量を測定する制御量測定処理と、

前記第2電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第1電子負荷部を低抵抗状態に移行させる制御を実行する第2制御処理と、

前記第1電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第2電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第3制御処理と、

前記第1電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において前記第2電子負荷部に対して前記特定制御量を出力する第4制御処理と、

前記第4制御処理の完了直後に前記第1電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる

10

20

第 5 制御処理と、

前記第 5 制御処理の完了直後に、前記第 2 電子負荷部に対して前記特定制御量で制御されている状態から前記高抵抗状態に移行させる制御を実行しつつ前記電流 - 電圧特性を測定する前記特性測定処理とを実行する太陽電池特性測定装置。

【請求項 2】

前記処理部は、前記制御量測定処理の実行に先立ち、前記第 1 電子負荷部および前記第 2 電子負荷部を高抵抗状態に移行させる制御を実行する初期状態移行処理を実行すると共に、当該第 1 電子負荷部および当該第 2 電子負荷部が当該高抵抗状態のときに取得される前記出力電圧と予め規定された基準電圧とを比較して当該出力電圧が当該基準電圧を上回ったか否かを判別する電圧判別処理を実行し、当該電圧判別処理において当該出力電圧が当該基準電圧を上回ったと判別したときに、前記制御量測定処理に移行する請求項 1 記載の太陽電池特性測定装置。

10

【請求項 3】

発電状態の太陽電池の一对の出力端子間に第 1 電子負荷部および第 2 電子負荷部を並列に接続する接続処理と、

前記第 1 電子負荷部および前記第 2 電子負荷部を高抵抗状態に制御している状態において、当該第 2 電子負荷部のみを低抵抗状態に移行させる第 1 制御処理を実行しつつ前記太陽電池の出力電流を測定して、当該出力電流の増加が飽和するときの当該第 2 電子負荷部に対する特定制御量を測定する制御量測定処理と、

前記第 2 電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第 1 電子負荷部を低抵抗状態に移行させる制御を実行する第 2 制御処理と、

20

前記第 1 電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第 2 電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第 3 制御処理と、

前記第 1 電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において前記第 2 電子負荷部に対して前記特定制御量を出力する第 4 制御処理と、

前記第 4 制御処理の完了直後に前記第 1 電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第 5 制御処理と、

前記第 5 制御処理の完了直後に、前記第 2 電子負荷部に対して前記特定制御量で制御されている状態から前記高抵抗状態に移行させる制御を実行しつつ前記太陽電池の出力電圧および前記出力電流を測定することにより前記太陽電池の電流 - 電圧特性を測定する特性測定処理とを実行する太陽電池特性測定方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽電池の電流 - 電圧特性を測定する太陽電池特性測定装置および太陽電池特性測定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

この種の太陽電池特性測定装置の一例として、下記の特許文献 1 に開示された太陽電池特性測定装置（以下、単に特性測定装置ともいう）が知られている。この特性測定装置は、携帯型の装置であり、太陽電池の設置場所において、接続ケーブルを用いて太陽電池の出力端子に接続して、太陽電池の出力特性（電流 - 電圧特性）を測定するために用いられる。また、特性測定装置は、スイッチ、液晶ディスプレイで構成された表示装置、表示装置の表示面上に配設されたタッチパネル、CPU で構成された制御部、電圧検出回路、電圧検出用 AD コンバータ、電流検出用抵抗、電流検出回路、電流検出用 AD コンバータ、1 つの電子負荷、電子負荷ドライバ、電子負荷制御用 DA コンバータ、第 1 逆接続保護用ダイオード、第 2 逆接続保護用ダイオードおよびリレーを有している。

40

【0003】

この場合、電圧検出回路は、接続ケーブルを用いて接続された太陽電池から出力される直流電源電圧（出力電圧）を検出すると共に、直流電源電圧の電圧値に応じて電圧値が変

50

化する電圧に変換して出力し、電圧検出用 A/D コンバータは、この電圧をデジタル値に変換して制御部に出力する。また、電流検出回路は、接続された太陽電池から出力される出力電流を電流検出用抵抗を介して検出すると共に、出力電流の電流値に応じて電圧値が変化する電圧に変換して出力し、電流検出用 A/D コンバータは、この電圧をデジタル値に変換して制御部に出力する。

【0004】

制御部は、このようにして電圧検出用 A/D コンバータから出力されるデジタル値に基づいて太陽電池の出力電圧を取得（測定）し、また、このようにして電流検出用 A/D コンバータから出力されるデジタル値に基づいて太陽電池の出力電流を取得（測定）する。また、制御部は、電子負荷制御用 D/A コンバータと電子負荷ドライバを介して電子負荷のゲートに印加する制御電圧を操作することにより、太陽電池から特性測定装置（の電子負荷）に流れる太陽電池の出力電流についての電流値を所望値に制御する。

10

【0005】

以上の構成を備えた特性測定装置では、制御部が、電子負荷のゲートに印加する制御電圧を操作することにより、太陽電池の出力電流の電流値を短絡電流値からゼロまで所定のステップで徐々に減少させつつ、各ステップでの出力電流の電流値と太陽電池の出力電圧の電圧値とを保存（記憶）する。これにより、太陽電池の出力特性（電流 - 電圧特性）が測定される。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0006】

【特許文献 1】特開 2011 - 54887 号公報（第 4 - 6 頁、第 1 - 5 図）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、上記の特性測定装置には、以下の改善すべき課題が存在する。すなわち、この特性測定装置では、制御部は、電流 - 電圧特性の測定に際して、電子負荷に流れる電流（コレクタ電流）を段階的に減少させながら測定シーケンスを複数回、インターバル期間（熱拡散によって電子負荷を冷却するための期間）を設けて間欠的に実施し、各回の測定シーケンスにおいて出力電流と出力電圧を測定する。この特性測定装置では、このように各測定シーケンスの実行前にインターバル期間を設けることによる測定時間の長期化を排除するため、測定シーケンスの実施の度に電子負荷に流す電流の電流値を減少させる点に着目して、インターバル期間を徐々に短縮させる構成を採用している。

30

【0008】

しかしながら、インターバル期間を徐々に短縮させる構成を採用したとしても、測定シーケンス毎にインターバル期間を設ける構成はそのままであるため、上記の特性測定装置には、太陽電池の出力特性（電流 - 電圧特性）の測定に要する時間の更なる短縮は難しいという改善すべき課題が存在している。

【0009】

本発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、太陽電池の出力特性についての測定時間を短縮し得る太陽電池特性測定装置および太陽電池特性測定方法を提供することを主目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成すべく請求項 1 記載の太陽電池特性測定装置は、発電状態の太陽電池の一对の出力端子間に接続される第 1 電子負荷部、当該第 1 電子負荷部に並列接続された第 2 電子負荷部、前記一对の出力端子間に出力される前記太陽電池の出力電圧を測定する電圧測定部、前記一对の出力端子間に出力される前記太陽電池の出力電流を測定する電流測定部、並びに前記第 1 電子負荷部および前記第 2 電子負荷部に対する制御を実行しつつ前記出力電圧および前記出力電流を取得することにより前記太陽電池の電流 - 電圧特性を測

50

定する特性測定処理を実行する処理部を備え、前記処理部は、前記第1電子負荷部および前記第2電子負荷部を高抵抗状態に制御している状態において、当該第2電子負荷部のみを低抵抗状態に移行させる第1制御処理を実行しつつ前記出力電流を取得して、当該出力電流の増加が飽和するときの当該第2電子負荷部に対する特定制御量を測定する制御量測定処理と、前記第2電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第1電子負荷部を低抵抗状態に移行させる制御を実行する第2制御処理と、前記第1電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第2電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第3制御処理と、前記第1電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において前記第2電子負荷部に対して前記特定制御量を出力する第4制御処理と、前記第4制御処理の完了直後に前記第1電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第5制御処理と、前記第5制御処理の完了直後に、前記第2電子負荷部に対して前記特定制御量で制御されている状態から前記高抵抗状態に移行させる制御を実行しつつ前記電流 - 電圧特性を測定する前記特性測定処理とを実行する。

10

【0011】

また、請求項2記載の太陽電池特性測定装置は、請求項1記載の太陽電池特性測定装置において、前記処理部は、前記制御量測定処理の実行に先立ち、前記第1電子負荷部および前記第2電子負荷部を高抵抗状態に移行させる制御を実行する初期状態移行処理を実行すると共に、当該第1電子負荷部および当該第2電子負荷部が当該高抵抗状態のときに取得される前記出力電圧と予め規定された基準電圧とを比較して当該出力電圧が当該基準電圧を上回ったか否かを判別する電圧判別処理を実行し、当該電圧判別処理において当該出力電圧が当該基準電圧を上回ったと判別したときに、前記制御量測定処理に移行する。

20

【0012】

請求項3記載の太陽電池特性測定方法は、発電状態の太陽電池の一对の出力端子間に第1電子負荷部および第2電子負荷部を並列に接続する接続処理と、前記第1電子負荷部および前記第2電子負荷部を高抵抗状態に制御している状態において、当該第2電子負荷部のみを低抵抗状態に移行させる第1制御処理を実行しつつ前記太陽電池の出力電流を測定して、当該出力電流の増加が飽和するときの当該第2電子負荷部に対する特定制御量を測定する制御量測定処理と、前記第2電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第1電子負荷部を低抵抗状態に移行させる制御を実行する第2制御処理と、前記第1電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において、前記第2電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第3制御処理と、前記第1電子負荷部が前記低抵抗状態に移行した状態において前記第2電子負荷部に対して前記特定制御量を出力する第4制御処理と、前記第4制御処理の完了直後に前記第1電子負荷部のみを前記高抵抗状態に移行させる第5制御処理と、前記第5制御処理の完了直後に、前記第2電子負荷部に対して前記特定制御量で制御されている状態から前記高抵抗状態に移行させる制御を実行しつつ前記太陽電池の出力電圧および前記出力電流を測定することにより前記太陽電池の電流 - 電圧特性を測定する特性測定処理とを実行する。

30

【発明の効果】**【0013】**

請求項1記載の太陽電池特性測定装置および請求項3記載の太陽電池特性測定方法によれば、太陽電池からの出力電流が第2電子負荷部にのみ流れる状態においてこの出力電流の増加が飽和するときの第2電子負荷部に対する特定制御量を測定する制御量測定処理を実行し、特性測定処理の前段階において、第2電子負荷部に対して特定制御量を出力して太陽電池から短絡電流値の出力電流を単独で出力させ得る抵抗値まで低下させる第4制御処理の実行時における第2電子負荷部の発熱を、第2電子負荷部に並列接続した第1電子負荷部の存在によって大幅に抑制することができる。このため、この特性測定装置および太陽電池特性測定方法によれば、第1電子負荷部を高抵抗状態（オフ状態）に移行させたとしても、特性測定処理の実行開始時における第2電子負荷部の温度を十分に低い状態にできることから、特性測定処理において第2電子負荷部に出力電流を連続して通電させながら太陽電池の電流 - 電圧特性を測定する構成（電流 - 電圧特性の測定に要する時間を極

40

50

めて短くし得る構成)であっても、特性測定処理の完了時の第2電子負荷部の温度を許容し得る温度範囲内に抑えることができる。したがって、この特性測定装置および太陽電池特性測定方法によれば、第2電子負荷部の劣化や損傷を回避しつつ、電流 - 電圧特性の測定に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0014】

請求項2記載の太陽電池特性測定装置によれば、2つの電子負荷部が高抵抗状態のときに発電状態の太陽電池の一对の出力端子間から出力される出力電圧の電圧値(つまり、開放電圧値)が基準電圧を上回ったときに、自動的に電流 - 電圧特性の測定を開示することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0015】

【図1】太陽電池特性測定装置1の構成図である。

【図2】太陽電池特性測定装置1の動作および太陽電池特性測定方法を説明するためのフローチャートである。

【図3】太陽電池特性測定装置1の動作および太陽電池特性測定方法を説明するための波形図および状態図である。

【図4】太陽電池21の電流 - 電圧特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、太陽電池特性測定装置および太陽電池特性測定方法の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。

20

【0017】

最初に、太陽電池特性測定方法を実行する太陽電池特性測定装置の構成について、図面を参照して説明する。

【0018】

まず、図1に示す太陽電池特性測定装置1の構成について説明する。

【0019】

太陽電池特性測定装置(以下、単に「特性測定装置」ともいう)1は、第1電子負荷部2、第2電子負荷部3、電圧測定部4、電流測定部5、処理部6、記憶部7および出力部8を備えて、一对のプロープP1, P2を介して接続された太陽電池21(測定対象の太陽電池21)についての出力電流 I_o および出力電圧 V_o の関係を表す特性(電流 - 電圧特性)を測定可能に構成されている。

30

【0020】

第1電子負荷部2および第2電子負荷部3は、一例として、電界効果型トランジスタ(FET)やIGBT(絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)を用いて構成されて、不図示のそれぞれのゲートに印加される制御電圧 V_{c1} , V_{c2} (この例では、ゲート電圧 V_{c1} , V_{c2} ともいう)の電圧値(制御量)に応じて、その負荷量(抵抗値)を変化させる機能を備えている。また、各電子負荷部2, 3は、互いに並列接続されると共に、互いに接続されたそれぞれの一方の端子が電流測定部5を介してプロープP1に接続され、かつ互いに接続されたそれぞれの他方の端子がプロープP2に接続されている。これにより、特性測定装置1が一对のプロープP1, P2を介して太陽電池21に接続されたときには、各電子負荷部2, 3は、太陽電池21の一对の出力端子(正極端子および負極端子)間に並列接続の状態では接続される。この構成により、第1電子負荷部2は、対応するゲート電圧 V_{c1} の電圧値に応じてその抵抗値を変化させることで、太陽電池21から流れ込む太陽電池21の出力電流 I_o を制御(制限)することが可能であり、また第2電子負荷部3も、対応するゲート電圧 V_{c2} の電圧値に応じてその抵抗値を変化させることで、太陽電池21から流れ込む太陽電池21の出力電流 I_o を制御(制限)することが可能となっている。

40

【0021】

また、第1電子負荷部2は、ゲート電圧 V_{c1} の電圧値が、閾値電圧値 V_{th} を下回る

50

電圧値（ほぼゼロボルト）、および飽和領域に移行させられる電圧値（閾値電圧値 V_{th} を十分に上回る電圧値）のうちの任意の一方の電圧値に処理部 6 によって制御される。これにより、第 1 電子負荷部 2 は、ゲート電圧 V_{c1} の電圧値が閾値電圧値 V_{th} を下回る電圧値となったときに高抵抗状態（例えば 100M 以上の状態。オフ状態）に移行し、また、ゲート電圧 V_{c1} の電圧値が閾値電圧値 V_{th} を十分に上回る電圧値となったときに低抵抗状態（例えば 1 程度の状態。オン状態（飽和領域でのオン状態（飽和状態）））に移行することで、実質的にスイッチ素子として機能する。

【0022】

一方、第 2 電子負荷部 3 は、ゲート電圧 V_{c2} の電圧値が処理部 6 によって上記した第 1 電子負荷部 2 と同様に制御されることでスイッチ素子として機能し得ることに加えて、ゲート電圧 V_{c2} の電圧値が処理部 6 によって閾値電圧値 V_{th} 以上でかつ飽和領域に移行する手前の電圧値以下の電圧範囲内で制御されることで、線形領域内において任意の抵抗値のオン状態に移行する（可変抵抗として機能する）。

10

【0023】

電圧測定部 4 は、一对のプロープ $P1$, $P2$ 間に接続されて、特性測定装置 1 がこれらのプロープ $P1$, $P2$ を介して太陽電池 21 に接続されたときには、太陽電池 21 の出力電圧 V_o の電圧値を所定の周期（例えば、数 μs から十数 μs 程度の周期）で測定して、この電圧値を示す電圧データ D_v を処理部 6 に出力する。

【0024】

電流測定部 5 は、各電子負荷部 2 , 3 のそれぞれの一方の端子とプロープ $P1$ との間、および各電子負荷部 2 , 3 のそれぞれの他方の端子とプロープ $P2$ との間のいずれか（本例では一例として図 1 に示すように、各電子負荷部 2 , 3 のそれぞれの一方の端子とプロープ $P1$ との間）に配設（接続）されて、太陽電池 21 から出力される出力電流 I_o の電流値を所定の周期で測定して（例えば、電圧測定部 4 と同じ周期で同期して測定して）、この電流値を示す電流データ D_i を処理部 6 に出力する。

20

【0025】

処理部 6 は、例えば、コンピュータ、第 1 電子負荷部 2 に対するゲート電圧 V_{c1} を生成して出力するための D/A 変換器およびドライバ回路の組（第 1 生成回路）、第 2 電子負荷部 3 に対するゲート電圧 V_{c2} を生成して出力するための他の D/A 変換器および他のドライバ回路の組（第 2 生成回路）、並びにゲート電圧 V_{c2} の電圧値を検出するためのバッファおよび A/D 変換器の組（電圧検出回路）を備えて構成されている。また、処理部 6 は、各電子負荷部 2 , 3 に対する制御処理（具体的には、電子負荷部 2 , 3 に印加（出力）する各ゲート電圧 V_{c1} , V_{c2} の電圧値を制御する制御処理）、線形領域内で動作させる第 2 電子負荷部 3 のゲートに実際に印加されているゲート電圧 V_{c2} の電圧値を検出する電圧検出処理、および太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を測定する特性測定処理を実行する。記憶部 7 は、半導体メモリやハードディスク装置などで構成されている。

30

【0026】

出力部 8 は、一例として、LCD（液晶ディスプレイ）などのディスプレイ装置で構成されて、処理部 6 が測定処理において測定した測定結果（電流 - 電圧特性を示す特性図）を画面に表示する。なお、出力部 8 は、ディスプレイ装置に代えて、種々のインターフェース回路で構成してもよく、例えば、ネットワークインターフェース回路で構成してネットワーク経由で外部装置に測定結果を伝送させたり、メモリインターフェース回路で構成してリムーバブルメディアに測定結果を記憶させたりする構成を採用することもできる。

40

【0027】

次に、太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を測定する際の特性測定装置 1 の動作について説明すると共に、併せて太陽電池特性測定方法について説明する。なお、太陽電池 21 は発電状態にあるものとする。

【0028】

特性測定装置 1 では、そのプロープ $P1$, $P2$ のうちの一方（本例ではプロープ $P1$ ）が太陽電池 21 の正極端子（+ 端子）に接続され、かつプロープ $P1$, $P2$ のうちの他方

50

(本例ではプローブ P 2) が太陽電池 2 1 の負極端子 (- 端子) に接続される。これにより、発電状態の太陽電池 2 1 の一對の出力端子 (正極端子および負極端子) 間に第 1 電子負荷部 2 および第 2 電子負荷部 3 を並列に接続する接続処理が完了する。

【 0 0 2 9 】

この状態において、処理部 6 は、図 2 に示す測定処理 5 0 を実行する。また、電圧測定部 4 は、太陽電池 2 1 の出力電圧 V_o の電圧値を測定して、この電圧値を示す電圧データ D_v を処理部 6 に出力し、また電流測定部 5 は、太陽電池 2 1 から出力される出力電流 I_o の電流値を測定して、この電流値を示す電流データ D_i を処理部 6 に出力する。

【 0 0 3 0 】

この測定処理 5 0 では、処理部 6 は、まず、初期状態移行処理を実行する (ステップ 5 1)。この初期状態移行処理では、処理部 6 は、各ゲート電圧 V_{c1} , V_{c2} の電圧値を閾値電圧値 V_{th} 未満 (具体的にはゼロボルト) に設定して、各電子負荷部 2, 3 に印加することにより、各電子負荷部 2, 3 を初期状態である高抵抗状態 (オフ状態) に移行させる。この状態 (図 3 に示す時刻 t_0 のときの状態) では、太陽電池 2 1 は、無負荷状態となるため、出力電流 I_o の電流値は図 3 において太実線で示すようにほぼゼロアンペアとなり、出力電圧 V_o の電圧値は図 3 において細実線で示すように開放電圧値 V_{oc} となる。

【 0 0 3 1 】

次いで、処理部 6 は、図 3 に示す時刻 t_1 において第 1 制御処理を開始する (ステップ 5 2)。この第 1 制御処理では、処理部 6 は、閾値電圧値 V_{th} を十分に上回る電圧値 V_{d1} に設定してゲート電圧 V_{c2} の印加 (出力) を開始する。この場合、処理部 6 では、コンピュータが、この電圧値 V_{d1} に対応する電圧データを第 2 生成回路に出力する。第 2 生成回路では、この生成回路を構成する D/A 変換器がこの電圧データに対応する電圧値のアナログ信号を生成して後段のドライバ回路に出力し、ドライバ回路がこのアナログ信号を増幅してゲート電圧 V_{c2} として、第 2 電子負荷部 3 のゲートに印加 (出力) する。この場合、第 2 電子負荷部 3 のゲート電圧 V_{c2} は、図 3 において太破線で示すように、第 2 電子負荷部 3 のゲートに存在する容量成分を充電しつつ、目標とする電圧値 V_{d1} に向けて立ち上がる。

【 0 0 3 2 】

この場合、第 2 電子負荷部 3 は、そのゲート電圧 V_{c2} が図 3 に示すようにして閾値電圧値 V_{th} に達した時点 (時刻 t_2) でオフ状態から線形領域でのオン状態に移行する。このため、太陽電池 2 1 から特性測定装置 1 内 (具体的には、特性測定装置 1 内の第 2 電子負荷部 3) に、出力電流 I_o がこの時刻 t_2 から流入し始める (出力電流 I_o の電流値が増加し始める)。また、第 2 電子負荷部 3 は、その後も上昇を続けるゲート電圧 V_{c2} の印加により、線形領域内でのオン状態において抵抗値を低下させ続け、ゲート電圧 V_{c2} の電圧値 V_{g1} ($>$ 閾値電圧値 V_{th}) に達した時点 (時刻 t_3) において線形領域内のオン状態ではあるものの、太陽電池 2 1 から短絡電流値 I_{sc} の出力電流 I_o を出力させ得る抵抗値 (飽和領域での抵抗値 R_{on} よりも若干大きな抵抗値) に達する。また、太陽電池 2 1 の出力電圧 V_o の電圧値は、出力電流 I_o の増加に伴い、開放電圧値 V_{oc} から急速に低下する。

【 0 0 3 3 】

第 2 電子負荷部 3 は、その後も上昇を続けるゲート電圧 V_{c2} の印加により、このゲート電圧 V_{c2} が電圧値 V_{g2} ($>$ 電圧値 V_{g1}) に達した時点 (時刻 t_4) において飽和領域でのオン状態に移行する。つまり、第 2 電子負荷部 3 は、時刻 t_3 から時刻 t_4 までは線形領域内でのオン状態にあってその抵抗値をゲート電圧 V_{c2} の電圧値に応じて低下させ、時刻 t_4 において飽和領域でのオン状態に移行したときにはその抵抗値は抵抗値 R_{on} (低抵抗値) となる (低抵抗状態となる)。なお、太陽電池 2 1 からの出力電流 I_o の電流値は、上記の時刻 t_3 において短絡電流値 I_{sc} に達した以降はこの短絡電流値 I_{sc} で頭打ちの状態 (増加が飽和した状態) となるが、第 2 電子負荷部 3 の抵抗値は、時刻 t_3 以降も時刻 t_4 まではこのようにして低下する。このため、太陽電池 2 1 の出力電

10

20

30

40

50

圧 V_o は、時刻 t_3 以降も時刻 t_4 までは継続して低下する。また、この出力電圧 V_o は、第2電子負荷部3の抵抗値が抵抗値 R_{on} で一定となった後（時刻 t_4 以降）は、一定の電圧値 V_{o1} （ $=R_{on} \times I_{sc}$ ）となる。また、第2電子負荷部3のゲート電圧 V_{c2} は、時刻 t_5 において電圧値 V_{d1} に達し、その後は一定となる。

【0034】

処理部6は、上記の第1制御処理を実行しつつ、制御量測定処理を実行する（ステップ53）。この制御量測定処理では、処理部6は、電流測定部5から取得した電流データ D_i に基づいて上記したように変化する出力電流 I_o の電流値 I_{ova} を算出（測定）して、この電流値 I_{ova} が頭打ちとなるとき（つまり、短絡電流値 I_{sc} となるとき）の第2電子負荷部3のゲート電圧 V_{c2} の電圧値 V_{g1} を第2電子負荷部3に対する特定制御量として測定する。

10

【0035】

具体的には、処理部6は、例えば、出力電流 I_o の電流値 I_{ova} の算出と共に、上記した電圧検出回路を用いたゲート電圧 V_{c2} の電圧値の検出を実行しつつ、算出した電流値 I_{ova} を予め規定された所定期間分（例えば、数十 μs 程度）だけ（予め規定された個数だけ）、同じタイミングで検出したゲート電圧 V_{c2} の電圧値を対応させてファーストインファーストアウト方式で記憶部7に記憶させる（バッファリングする）。また、処理部6は、新たな電流値 I_{ova} を記憶させる都度、この新たな電流値 I_{ova} を含む所定期間内の複数の電流値 I_{ova} のバラツキをそれぞれ検出すると共にこれらのバラツキのすべてが予め規定された基準値以内になるか否かを判別して、基準値以内となったときには電流値 I_{ova} が頭打ち（電流値 I_{ova} の増加が飽和した状態）になったと判別する。また、処理部6は、電流値 I_{ova} が頭打ちになったと判別したときには、ファーストインファーストアウト方式で記憶部7に記憶されている所定期間分の複数の電流値 I_{ova} のうちの最先の電流値 I_{ova} に対応するゲート電圧 V_{c2} の電圧値（つまり、時刻 t_3 におけるゲート電圧 V_{c2} の電圧値 V_{g1} 、またはこの時刻 t_3 から若干遅れた時刻（時刻 t_4 よりも前の時刻）におけるゲート電圧 V_{c2} の電圧値（ V_{g1} ））を特定制御量として測定して記憶する。

20

【0036】

次いで、処理部6は、第1電子負荷部2を低抵抗状態に移行させる第2制御処理を実行する（ステップ54）。この第2制御処理では、処理部6は、上記の第1制御処理の実行を継続しつつ（つまり、電圧値 V_{d1} でのゲート電圧 V_{c2} の印加を継続しつつ）、閾値電圧値 V_{th} を十分に上回る電圧値に設定してゲート電圧 V_{c1} の印加（出力）を開始する。この場合、処理部6では、コンピュータが、この電圧値に対応する電圧データを第1生成回路に出力する。第1生成回路では、この回路を構成するD/A変換器がこの電圧データに対応する電圧値のアナログ信号を生成して後段のドライバ回路に出力し、ドライバ回路がこのアナログ信号を増幅してゲート電圧 V_{c1} として、第1電子負荷部2のゲートに印加（出力）する。これにより、第1電子負荷部2は、高抵抗状態（オフ状態）から急速に抵抗値を低下させて低抵抗状態（飽和領域でのオン状態）に移行する。この場合、第2制御処理を開始するタイミングは、第2電子負荷部3に対する上記の特定制御量の測定を完了させた後、できるだけ速いタイミングが好ましい。その理由は、第2電子負荷部3がオン状態のときに第1電子負荷部2を低抵抗状態（オン状態）に移行させることにより、太陽電池21から出力されている出力電流 I_o を第1電子負荷部2に分流させて、第2電子負荷部3に流入する電流量を減少させ、これによって第2電子負荷部3での発熱を低減させることができるからである。図3では一例として、時刻 t_5 の手前の時刻 t_a において、第1電子負荷部2が低抵抗状態（オン状態）に移行した状態を示している。

30

40

【0037】

続いて、処理部6は、第1電子負荷部2を低抵抗状態に移行させている状態において、第2電子負荷部3のみを高抵抗状態（オフ状態）に移行させる第3制御処理を実行する（ステップ55）。この第3制御処理では、処理部6は、上記の第1制御処理の実行を終了させて（つまり、閾値電圧値 V_{th} を下回る電圧値（具体的にはゼロボルト）に設定して

50

ゲート電圧 V_{c2} を第2電子負荷部3に印加することで)、第2電子負荷部3をオフ状態に移行させる(本例では図3に示すように、第2電子負荷部3のゲート電圧 V_{c2} が時刻 t_6 に閾値電圧値 V_{th} を下回るため、第2電子負荷部3はほぼ同時刻にオフ状態に移行する)。これにより、第2電子負荷部3への出力電流 I_o の流入を停止させて、第2電子負荷部3での発熱を停止させることができる。なお、第2電子負荷部3がオフ状態に移行しても、第2電子負荷部3に流れていた分の出力電流 I_o はオン状態の第1電子負荷部2に流入する。このため、太陽電池21からの出力電流 I_o の電流値は、図3に示すように、引き続き短絡電流値 I_{sc} に維持される。

【0038】

次いで、処理部6は、予め規定された時間だけ第2電子負荷部3を高抵抗状態(オフ状態)に維持させた後の時刻 t_7 において、第2電子負荷部3のゲート電圧 V_{c2} を上記の制御量測定処理で測定した特定制御量(本例では電圧値 V_{g1})にする第4制御処理を実行する(ステップ56)。この第4制御処理において、処理部6では、コンピュータが、この電圧値 V_{g1} に対応する電圧データを第2生成回路に出力する。第2生成回路では、この回路を構成するD/A変換器がこの電圧データに対応する電圧値のアナログ信号を生成して後段のドライバ回路に出力し、ドライバ回路がこのアナログ信号を増幅してゲート電圧 V_{c2} として、第2電子負荷部3のゲートに印加(出力)する。これにより、図3に示すように、第2電子負荷部3のゲート電圧 V_{c2} は電圧値 V_{g1} に向けて上昇し、ゲート電圧 V_{c2} が閾値電圧値 V_{th} に達した時点(時刻 t_8)で、第2電子負荷部3は高抵抗状態(オフ状態)から線形領域でのオン状態に移行する。このため、太陽電池21から出力されている出力電流 I_o の一部が第2電子負荷部3に流入し始める。

【0039】

第2電子負荷部3のゲートに印加されているゲート電圧 V_{c2} は、その後も上昇を続けて、時刻 t_9 に電圧値 V_{g1} に達する。これにより、第2電子負荷部3は、線形領域内でのオン状態ではあるものの、太陽電池21から短絡電流値 I_{sc} の出力電流 I_o を単独で出力させ得る抵抗値(飽和領域でのオン状態のときの抵抗値 R_{on} よりも若干大きな抵抗値)に低下する。第2電子負荷部3に対するゲート電圧 V_{c2} は、時刻 t_9 に電圧値 V_{g1} に達した後、この電圧値 V_{g1} に維持される。このゲート電圧 V_{c2} を電圧値 V_{g1} に維持する際には、処理部6は、上記した電圧検出回路を用いたゲート電圧 V_{c2} の電圧値の検出を実行しつつ、この検出したゲート電圧 V_{c2} の電圧値が電圧値 V_{g1} となるように、第2生成回路を構成するD/A変換器に出力する電圧データをフィードバック制御する構成を採用することもできる。この状態においては、線形領域内でのオン状態にある第2電子負荷部3に対して、第1電子負荷部2は飽和領域内でのオン状態にあるため、太陽電池21から出力されている出力電流 I_o は、第2電子負荷部3よりも第1電子負荷部2に多く流入している。このため、第1電子負荷部2が無い構成と比較して、第2電子負荷部3での発熱が抑制されている。

【0040】

続いて、処理部6は、第4制御処理の完了直後(第2電子負荷部3のゲート電圧 V_{c2} を電圧値 V_{g1} とした直後)に、図3に示す例では時刻 t_9 の直後の時刻 t_{10} に、第1電子負荷部2のみを高抵抗状態(オフ状態)に移行させる第5制御処理を実行する(ステップ57)。これにより、太陽電池21からの出力電流 I_o は、短絡電流値 I_{sc} に維持された状態で、第2電子負荷部3のみに流入する状態となる。

【0041】

次いで、処理部6は、第5制御処理の完了直後(第1電子負荷部2をオフ状態に移行させた直後)に、図3に示す例では時刻 t_{10} とほぼ同じ時刻に、特性測定処理を開始する(ステップ58)。この特性測定処理では、処理部6は、第2電子負荷部3に対するゲート電圧 V_{c2} の電圧値を、特定制御量としての電圧値 V_{g1} から閾値電圧値 V_{th} までステップ状に低下させる制御を実行しつつ(したがって、出力電流 I_o の電流値 I_{ova} をステップ状に低下させつつ)、電圧測定部4から電圧データ D_v を取得してこの電圧データ D_v に基づいて太陽電池21の出力電圧 V_o の電圧値 V_{ova} を算出(測定)すると共

10

20

30

40

50

に、電流測定部 5 から電流データ D_i を取得してこの電流データ D_i に基づいて太陽電池 21 の出力電流 I_o の電流値 $I_o v a$ を算出（測定）して、同じタイミングで算出した出力電圧 V_o の電圧値および出力電流 I_o の電流値を対応付けて記憶部 7 に記憶させる。第 2 電子負荷部 3 はそのゲート電圧 V_{c2} の電圧値が閾値電圧値 V_{th} に達した時点（時刻 t_{11} ）で高抵抗状態（オフ状態）に移行するため、低下していた出力電流 I_o の電流値はゼロになり、また上昇していた出力電圧 V_o の電圧値は開放電圧値 V_{oc} になる。

【0042】

処理部 6 は、測定していた出力電流 I_o の電流値がゼロになったとき（出力電圧 V_o の電圧値が開放電圧値 V_{oc} になったときでもよい）に、特性測定処理を完了させる。また、これにより、測定処理 50 も完了する。

10

【0043】

本例の特性測定装置 1 では、処理部 6 は、上記の特性測定処理において、背景技術で説明した従来の特定測定装置とは異なり、第 2 電子負荷部 3 に対して出力電流 I_o を連続して通電させつつ（従来の特性測定装置のようなインターバル期間を設けることなく）、出力電流 I_o の電流値 $I_o v a$ をステップ状に低下させる構成を採用して、特性測定処理に要する時間を大幅に短縮している（図 3 では、約 2 div （同図では 1 ms/div であるから、約 2 ms ）で処理を完了させている）が、これを可能とする理由は以下の通りである。

【0044】

すなわち、特性測定装置 1 では、この特性測定処理の前段階において、第 2 電子負荷部 3 に対して電圧値 V_{g1} のゲート電圧 V_{c2} を印加して、第 2 電子負荷部 3 を単独で太陽電池 21 から短絡電流値 I_{sc} の出力電流 I_o を出力させ得る抵抗値まで低下させる第 4 制御処理（ステップ 56）の実行時に、第 2 電子負荷部 3 に対して並列接続した第 1 電子負荷部 2 を低抵抗状態（オン状態）に移行させている。このため、第 4 制御処理の実行期間での第 2 電子負荷部 3 の発熱が大幅に抑制されている。したがって、その後、第 5 制御処理（ステップ 57）を実行して、第 1 電子負荷部 2 を高抵抗状態（オフ状態）に移行させたとしても、次の特性測定処理（ステップ 58）の実行開始時における第 2 電子負荷部 3 の温度を十分に低い状態にできる。これにより、この特性測定処理において、第 2 電子負荷部 3 に出力電流 I_o を連続して通電させたとしても、特性測定処理の完了時の第 2 電子負荷部 3 の温度を許容し得る温度範囲（劣化や破損に至らない温度範囲）内に抑え得るからである。

20

30

【0045】

その後、処理部 6 は、この測定処理 50 における特性測定処理で測定して記憶部 7 に記憶させた出力電流 I_o の電流値および出力電圧 V_o の電圧値に基づいて、図 4 に示すように、太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を示す特性図を出力部 8 に表示させる。

【0046】

このように、この特性測定装置（太陽電池特性測定装置）1 および太陽電池特性測定方法では、太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を測定する特性測定処理において用いる第 2 電子負荷部 3 に対して別の第 1 電子負荷部 2 を並列接続し、図 2 に示すように、第 1 電子負荷部 2 を低抵抗状態（オン状態）に移行させる第 2 制御処理（ステップ 54）を実行して、この第 1 電子負荷部 2 に短絡電流値 I_{sc} の出力電流 I_o を太陽電池 21 から流入させる状態とし、次いで、高抵抗状態（オフ状態）の第 2 電子負荷部 3 に対して電圧値 V_{g1} のゲート電圧 V_{c2} を印加することで第 2 電子負荷部 3 を線形領域内において単独で太陽電池 21 から短絡電流値 I_{sc} の出力電流 I_o を出力させ得る抵抗値まで低下させる第 4 制御処理（ステップ 56）を実行し、続いて、第 1 電子負荷部 2 のみを高抵抗状態（オフ状態）に移行させる第 5 制御処理を実行し、その直後に太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を測定する特性測定処理を実行する。

40

【0047】

したがって、この特性測定装置 1 および太陽電池特性測定方法によれば、上記したように、特性測定処理の前段階において、第 2 電子負荷部 3 に対して電圧値 V_{g1} のゲート電

50

圧 V_{c2} を印加して太陽電池 21 から短絡電流値 I_{sc} の出力電流 I_o を単独で出力させ得る抵抗値まで低下させる第 4 制御処理（ステップ 56）の実行時における第 2 電子負荷部 3 の発熱を、第 2 電子負荷部 3 に並列接続した第 1 電子負荷部 2 の存在によって大幅に抑制することができる。このため、この特性測定装置 1 および太陽電池特性測定方法によれば、第 1 電子負荷部 2 を高抵抗状態（オフ状態）に移行させたとしても、特性測定処理（ステップ 58）の実行開始時における第 2 電子負荷部 3 の温度を十分に低い状態にできることから、特性測定処理において第 2 電子負荷部 3 に出力電流 I_o を連続して通電させながら太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を測定する構成（電流 - 電圧特性の測定に要する時間を極めて短くし得る構成）であっても、特性測定処理の完了時の第 2 電子負荷部 3 の温度を許容し得る温度範囲内に抑えることができる。したがって、この特性測定装置 1 および太陽電池特性測定方法によれば、第 2 電子負荷部 3 の過剰な発熱に起因した劣化や損傷を回避しつつ、電流 - 電圧特性の測定に要する時間を大幅に短縮することができる。

10

【0048】

なお、上記の特性測定装置 1 において、処理部 6 が、ステップ 51 において初期状態移行処理を実行して各電子負荷部 2, 3 を初期状態である高抵抗状態に移行させた後に、ステップ 52 において第 1 制御処理を開始する前に（制御量測定処理の実行に先立ち）、各電子負荷部 2, 3 が高抵抗状態のときに電圧測定部 4 から出力される電圧データ D_v で示される電圧値（太陽電池 21 の出力電圧 V_o の電圧値。この場合、開放電圧値 V_{oc} ）と予め規定された基準電圧の電圧値とを比較して、この出力電圧 V_o の電圧値が基準電圧の電圧値を上回ったか否かを判別する電圧判別処理を実行し、この電圧判別処理において出力電圧 V_o が基準電圧を上回ったと判別したときに、制御量測定処理に移行するようにすることもできる。この基準電圧の電圧値は、測定対象となる太陽電池 21 における開放電圧値 V_{oc} のカタログ値に基づき、このカタログ値よりも若干低い電圧値に規定する。また、処理部 6 は、電圧判別処理において出力電圧 V_o の電圧値が基準電圧の電圧値を上回っていないと判別したときには、出力電圧 V_o を新たに取得しつつ、例えば不図示の操作部などから測定停止指示が入力されるまで、この電圧判別処理を繰り返す。また、処理部 6 は、この測定停止指示が入力されたときには、測定処理 50 を終了させる。

20

【0049】

これにより、この構成を採用した特性測定装置 1 によれば、測定対象として接続された太陽電池 21 が正常に発電動作を実行しているときに（太陽電池 21 が正常状態のときに）、この太陽電池 21 の電流 - 電圧特性を自動的に測定することができる。

30

【0050】

なお、上記の特性測定装置 1 および上記の太陽電池特性測定方法では、第 1 電子負荷部 2 は実質的にスイッチ素子として機能する。このため、第 1 電子負荷部 2 は、第 2 電子負荷部 3 と同等の電子負荷を使用する構成を採用することもできるし、電界効果型トランジスタ（FET）や IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）などの半導体スイッチ素子や、リレーなどの機械式スイッチをそのまま単独で使用する構成を採用することもできる。

【符号の説明】

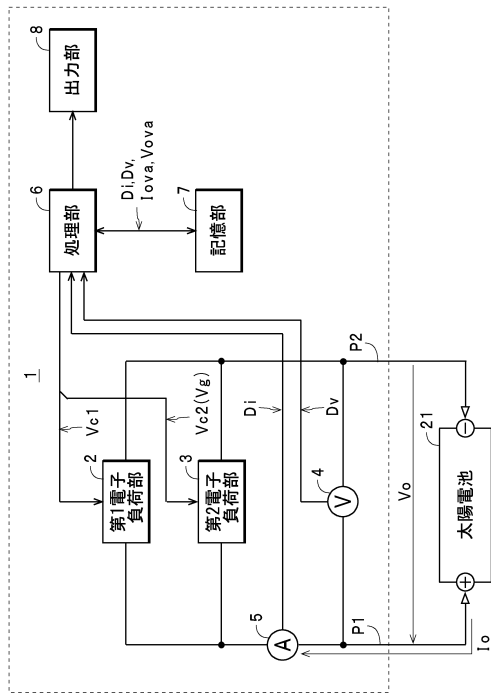
【0051】

- 1 太陽電池特性測定装置（特性測定装置）
- 2 第 1 電子負荷部
- 3 第 2 電子負荷部
- 4 電圧測定部
- 5 電流測定部
- 6 処理部
- 21 太陽電池
- I_o 出力電流
- V_{c1} , V_{c2} ゲート電圧（制御量）
- V_o 出力電圧

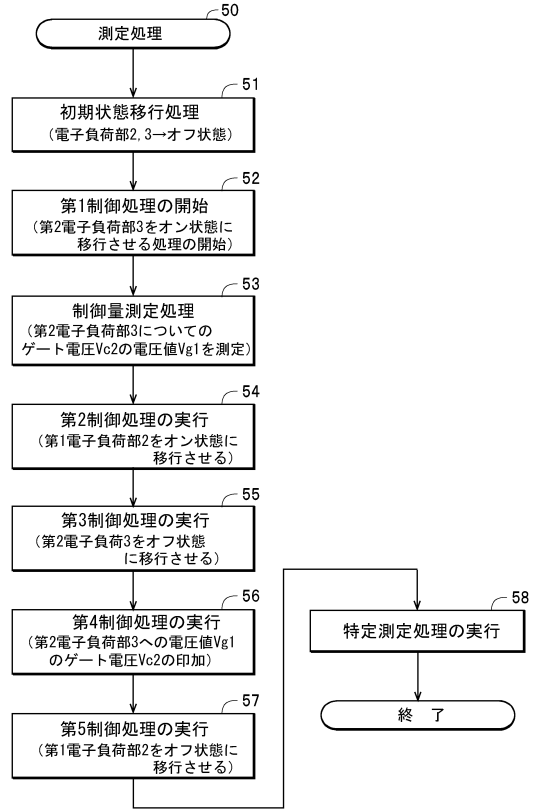
40

50

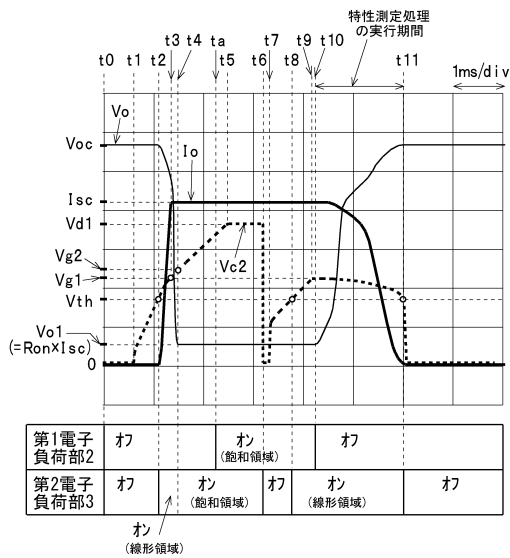
【図1】



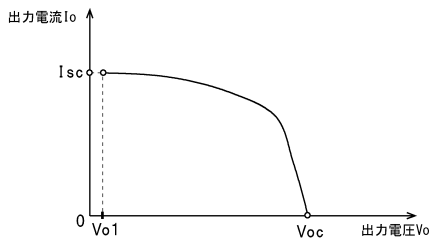
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 須田 泰一郎
東京都府中市本町二丁目30番地 株式会社田原電機製作所内
- (72)発明者 有竹 一浩
東京都府中市本町二丁目30番地 株式会社田原電機製作所内

審査官 小林 幹

- (56)参考文献 特開2012-248606(JP,A)
特開2003-028916(JP,A)
国際公開第2010/070952(WO,A1)
米国特許第04382224(US,A)
中国特許出願公開第103207363(CN,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02S50/00-50/15