

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：55501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13935

研究課題名(和文) 創発現象としての太陽電池モジュール内高温ホットスポット形成のモデル化

研究課題名(英文) Modeling high temperature hot spot formation in solar cell module as emergent phenomenon

研究代表者

南野 郁夫 (Nanno, Ikuo)

宇部工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：40647723

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：まず250℃以上の高温HSを単セルモジュールに部分陰で発生させる現象再現実験により赤外線カメラ画像と焦げ付き画像を得た。つぎに太陽電池セルの温度分布をシミュレーションするモデルをMATLAB上でモデル構築し温度分布と温度上昇グラフの再現を試み、高温HSの有無の検知に十分な精度の数十%の精度で温度分布の予測が可能だと確認した。創発現象を表すモデルはオートマトン法を利用し焦げが広がる現象を再現した。単セル太陽電池とホットプレートによる加熱基礎実験からアバランシェ電圧 V_a の温度特性の基礎データ収集も行い、25℃当たり約1Vの変化とアバランシェ電圧と短絡電流 I_{sc} には強い相関があることを確認した。

研究成果の概要(英文)：First, an infrared camera image and a burned image were obtained by reproducing the phenomenon in which a high temperature HS of 250 °C was generated partially in a single cell module. Next, a model for simulating the temperature distribution of the solar cell is modeled on MATLAB, an attempt is made to reproduce the temperature distribution and the temperature rise graph, and the temperature distribution with the accuracy of several tens of percent with sufficient accuracy for detecting the presence or absence of high temperature HS is confirmed that prediction is possible. The model expressing the emergent phenomenon reproduced the phenomenon in which scorching expands using the automaton method. We also collected basic data on the temperature characteristics of avalanche voltage V_a from fundamental experiments of heating by single cell solar cell and hotplate and confirmed that there is a strong correlation between V_a and short-circuit current I_{sc} of about 1 V change per 25 °C.

研究分野：太陽光発電

キーワード：太陽光発電システム

1. 研究開始当初の背景

メンテナンスフリーとされる太陽光発電システムの安全性が問題視されている。火災のない安全な太陽光発電の普及には定期点検が重要だが、保守点検には熟練した点検者と多くの工数を要する。先行研究では、効率向上を目的とした室温付近の熱伝導モデル研究は有るが、HS を扱う高温熱モデルの研究は見当たらない。

2. 研究の目的

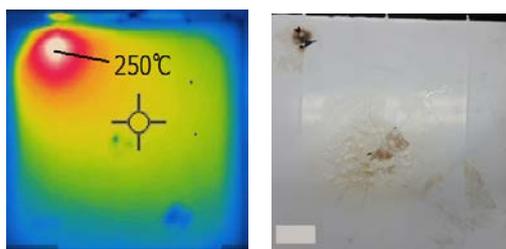
今回、点検作業の自動化を目指し「HS 温度予測モデル」の開発を行った。

3. 研究の方法

本研究は、HS 形成を創発科学的な視座で捉え、半導体製造プロセスの均一温度制御用に開発した熱モデルを、非線形現象としての HS 温度予測に拡張するという新たな着想を得て、異常状態の常時監視システム開発にチャレンジした。

4. 研究成果

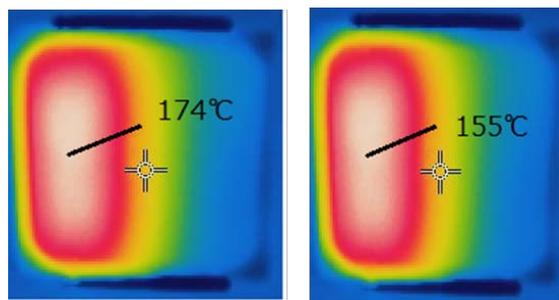
その結果、まず高温 HS を単セルモジュールに部分陰で発生させる現象再現実験により赤外線カメラ画像と焦げ付き画像を得た。Fig.1 のように HS は 250°C 以上の温度に達した。



(a)Thermal image (b)After the measurement

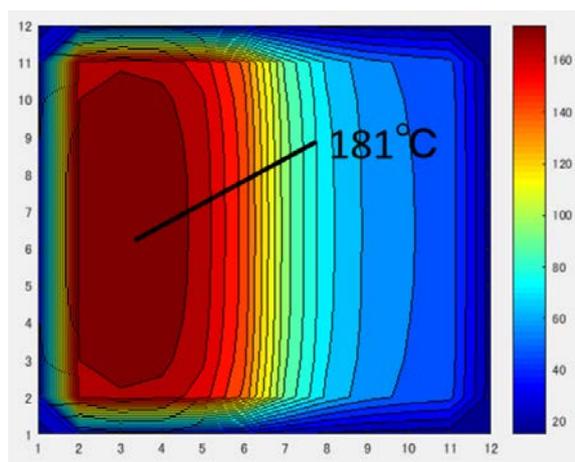
Fig.1 Image of cell

つぎに太陽電池セルの温度分布をシミュレーションするモデルを MATLAB (制御工学向けソフト) 上でモデル構築し温度分布と温度上昇グラフの再現を試みた。その結果、実験結果と比較し、典型的な条件で数十%以内の精度で温度分布の予測が可能だと確認した。セルの半分の面積を覆う部分陰条件の実験結果を Fig.2 に、シミュレーション結果を Fig.3 に示す。



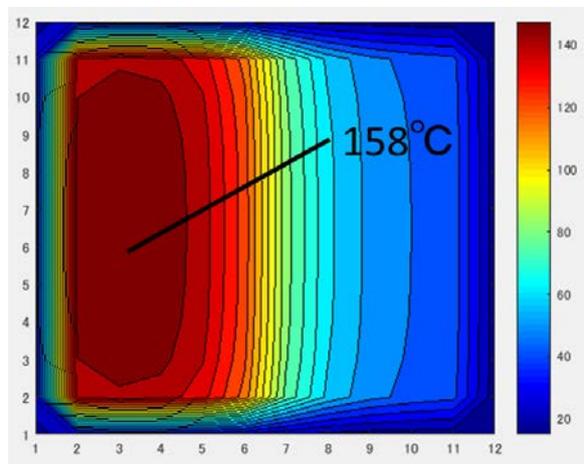
(a) No.1 (b) No.5

Fig. 2 The thermal image



(a) No.1

(b)

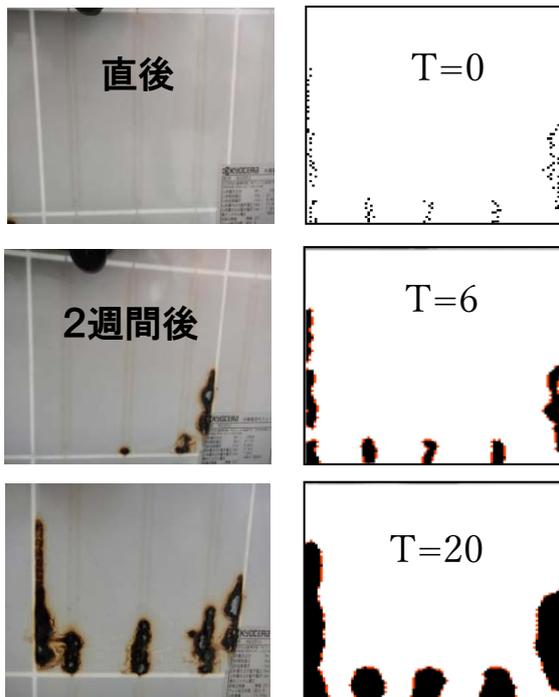


(b) No.5

Fig. 3 Temperature distribution by simulation

高温 HS が生じているかどうかの検知を目的とするので十分な精度である。

創発現象を表すモデルはオートマトン法を利用し焦げが広がる現象を再現した。Fig.4 に実験とデータとシミュレーションの比較を示す。



(a)Thermal image (b)Simulation

Fig.4 Cellular automaton

単セル太陽電池とホットプレートによる加熱基礎実験からアバランシェ電圧 V_a (逆電圧印加時の降伏電圧) の温度特性の基礎データ収集も行った。この結果から、 25°C 当たり約 1V の V_a の変化が起こること、アバランシェ電圧 V_a と短絡電流 I_{sc} には強い相関があることを確認した。部分陰による太陽光発電システムの問題は、安全性と共に効率低下も存在する。そこで部分陰による効率低下の対策は安全性の対策にもなると考え、自動切換え電磁リレーの研究も行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. 池本将通・原岡了佑・南野郁夫:「一太陽光発電設備発電効率向上のための一部分陰用電磁リレーの開発と評価」, 日本太陽エネルギー学会、太陽エネルギー、査読有り、Vol.43、No.1、pp.45-51 (2017.1)

[学会発表] (計 6 件)

1. Ikuo Nanno, Tarek Ahmed, Ryosuke Haraka, Masamichi Ikemoto, Katsumi Nishida: "New Configuration for High - effi-

cient Operation of Partially Shaded PV System using an Electromagnetic Relay", IEEE EPE2016, 査読有り, EPE2016_US B, Session: DS3f: Topic 5: Solar Energy Systems, pp.1-9(2016.9.8), カールスルーエ (ドイツ)

2. 和木大祐・南野郁夫:「部分陰により太陽電池セルに生じるホットスポットの温度分布予測シミュレーション」, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2016), 査読無し, 89、pp319-322 (2016.8), 松山 (愛媛)
3. 高森雅之・南野郁夫:「部分陰 PV 設備向け陰対策リレーの MPPT 組合せ問題とその改善方法の提案」, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2016), 査読無し, 90、pp323-326(2016.11), 松山 (愛媛)
4. 山下佳詩・伊藤賢也・南野郁夫:「太陽電池セル内高温ホットスポット形成に対するセルオートマトンを用いた現象再現の検討」, 非線形科学と時間額の交流, 査読無し, pp20(2016.3), 宇部 (山口)
5. 池本将通・南野郁夫:「太陽電池ストリング中のインターコネクタ断線を起こしたモデルの TDR を用いた検出」, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2015), 査読無し, 73、pp261-264(2015.11), 宮崎
6. 山下佳詩・南野郁夫:「単セル太陽電池モジュールにおけるホットスポットの電気特性と温度特性」, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2015), 査読無し, 25、pp93-96(2015.11), 宮崎

[その他]

ホームページ等

<http://www.ube-k.ac.jp/research/research-information/007nanno-ikuo/>

(2016 年 5 月から)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南野 郁夫 (Nanno Ikuo)

研究者番号: 40647723

(55501) 宇部工業高等専門学校

(999) 機械工学科

(20) 教授

太陽光発電

博士 (工学)

代表

(2)連携研究者

山中 三四郎 (Yamanaka Sanshiro)

研究者番号： 90148312

(33919) 名城大学

(403) 理工学部

(20) 教授

太陽光発電

工学博士

安全性問題の情報提供

加藤 和彦 (Kato Kazuhiko)

研究者番号： 10371030

(82626) 独立行政法人産業技術総合研究所

(999) 太陽光発電工学研究センター

(25) チーム長

太陽光発電

工学博士

安全性問題の情報提供

三池 秀敏 (Miike Hidetoshi)

研究者番号： 10107732

(15501) 山口大学

(999) 大学研究推進機構

(25) 理事・副学長 (学術研究担当)

非線形科学、動画像処理

工学博士

非線形科学的知見の相談

松永 信智 (Matsunaga Nobutomo)

研究者番号： 10363508

(17401) 熊本大学

(882) 自然科学研究科

(20) 教授

制御工学

博士 (学術)

熱モデルの相談