

雷インパルス試験による結晶シリコン太陽電池モジュールへの影響

金子 哲也^{1,2}、Assylbek Alpamys²、増田 淳³、磯村 雅夫^{1,2}

¹東海大学 工学部, ²東海大学 大学院工学研究科, ³産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

研究の目的

- 太陽光発電システムは一般家庭へも普及が進んでいるが、今後も普及拡大が継続するためには、発電性能の向上のみならず、信頼性や安全性の確保も極めて重要である。
- 本研究では、結晶シリコン太陽電池モジュールに落雷を想定した雷インパルス電圧を印加した際の影響について調査することで、落雷に対するモジュールの信頼性・安全性を検証する事を目的としている。



図1. 雷インパルス印加装置

実験

<被試験モジュール>

多結晶シリコン太陽電池モジュール

- セル(15.6 cm角) × 4枚 直列接続
- 外形 40.7 cm角

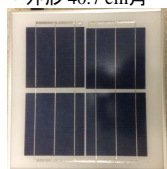


図2. 被試験太陽電池モジュール

<印加電圧波形>

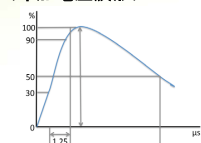


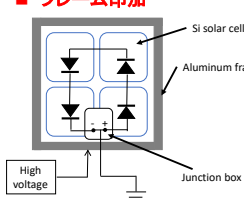
図3. 雷インパルス電圧波形

<評価>

印加電圧波形: オシロスコープ
 印加電流波形: ロゴスキューコイル→オシロスコープ
 EL画像: デジタルカメラ(赤外透過に改造)
 IR850フィルタ、印加電流 4 A
 太陽電池特性(電流電圧特性): ソーラーシミュレーター

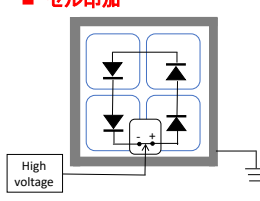
<電圧印加条件>

■ フレーム印加



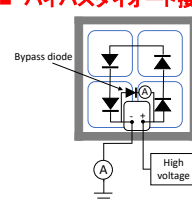
フレーム: 電圧印加
セル(両電極): グランド

■ セル印加



セル(両電極): 電圧印加
フレーム: グランド

■ バイパスダイオード接続



+電極: 電圧印加
-電極: グランド

図4. 各電圧印加条件の接続図

結果と考察

■ フレーム印加

設定電圧: 60 kV

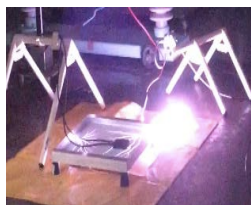


図5. 60 kV印加時の写真

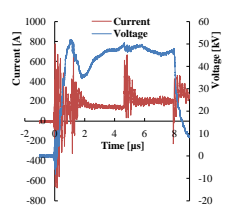


図6. 60 kV印加時の電圧・電流波形

設定電圧: 80 kV
(モジュールと床の距離を広げ、床への放電を抑制後)

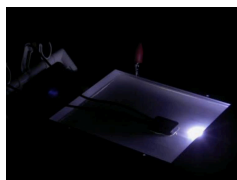


図7. 80 kV印加時(1/120 s)



図8. 80 kV印加後のEL画像

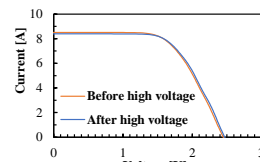


図9. 電圧印加前後の電流電圧特性

- モジュール面内および、フレームとグランド板(床)間で放電が発生 → 強いスパークにより大電流が流れ、電圧が設定値に達していない
- フレームの接地が不十分な場合に、モジュール周辺へのスパークにより発火等に繋がる懸念

- フレーム-ジャンクションボックス間の放電が顕著 → 出力端子を接地しているため、最も近い部分で放電したと考えられる
- ジャンクションボックス付近にセルのクラックが発生 → 放電の衝撃によるダメージと推定される
- 太陽電池性能への影響はほとんど無い

■ セル印加 設定電圧: 80 kV



図10. 80 kV印加時(1/120 s)

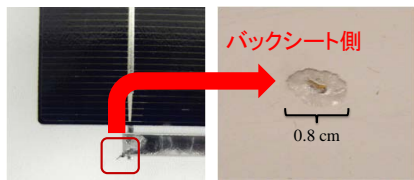


図11. ダメージ部分(表面側)

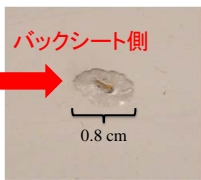


図12. ダメージ部分(バックシート側)

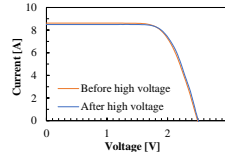


図13. 電圧印加前後の電流電圧特性

- 電極エッジ付近のバックシートに穴開き発生 → 電極エッジ部への電界集中(放電)で局所的なダメージが発生したと考えられる
- 太陽電池性能への大きな影響は無い

■ バイパスダイオード接続

設定電圧: 30 kV

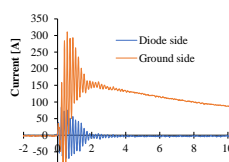


図14. ダイオード部およびグランド部の電流波形

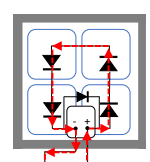


図15. 推定される電流パス

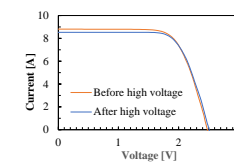


図16. 電圧印加前後の電流電圧特性

- バイパスダイオードはブレイクダウンせず、ほとんど電流は流れない → 電流は主に太陽電池セル内を通過する事を示唆 → 通過電流の増大によりセルの損傷に繋がる可能性[1]
- 短絡電流が若干減少しているが、劇的な変化は無い(原因についてはより詳細な調査が必要)

結論

- 放電によりモジュールの物理的な破損(セルのクラックおよびバックシートの穴開き)が発生する。
- インパルス電圧の印加による太陽電池性能への大きな影響は観測されなかった。

<今後の予定>

モジュールへのインパルス電圧印加によるPID現象への影響を評価する。

参考文献

- [1] T. Jiang and S. Grzybowski, 2014 IEEE Electrical Insulation Conference, 107-110 (2014).

謝辞

モジュールの作製および評価にご協力いただいた産業技術総合研究所の原由希子氏に感謝申し上げます。