

# 雷インパルス電圧印加による結晶シリコン太陽電池モジュールの電圧誘起劣化の促進

金子 哲也<sup>1</sup>, Suy Kimsong<sup>1</sup>, 原 由希子<sup>2</sup>, 増田 淳<sup>2</sup>, 磯村 雅夫<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>東海大学, <sup>2</sup>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が直撃雷や近傍への落雷による誘導雷を受けた場合、太陽電池モジュールの各部には高電圧が印加される事が考えられる。
- 本研究では、結晶シリコン太陽電池モジュールに対し、落雷を想定した雷インパルス電圧を印加した際に生じる影響を調査する事を目的とし、今回は電圧誘起劣化(PID)への影響を中心に評価した。



## 実験

### <被試験モジュール>

- 多結晶シリコン太陽電池単セルモジュール
- 構造: カバーガラス/EVA/p型多結晶Siセル/EVA/PVF/PET/PVFバックシート
- セルサイズ: 15.6 cm角
- モジュールサイズ: 18 cm角
- モジュールの対向する2辺(セル電極を取り出していない側)にアルミテープを貼付してフレームを模擬

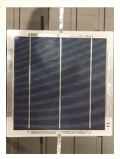


図1. 被試験太陽電池モジュール

### <インパルス電圧印加>

フレームを模した両アルミテープをアースに接続し、セルの両電極に多段式インパルス電圧発生器から正極性または負極性の雷インパルス電圧を印加

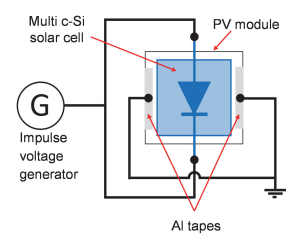


図2. インパルス電圧印加時の結線模式図

- インパルス電圧印加設定条件
- 20 kV, 1回
  - 60 kV, 1回
  - 20 kV, 10回
  - +20 kV, 10回
  - 100 kV, 10回

### <PID試験>

モジュールのカバーガラス表面を導電性ゴムシートとアルミ板を用いてアースに接続し[1]、75°Cの恒温槽内(湿度無制御)において、セル両電極に-750 Vを2 h印加

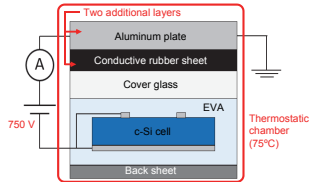


図3. PID試験時の結線模式図

### <評価>

- 印加電圧波形: オシロスコープ(帯域幅 1 GHz)
- セル特性評価
  - ・ダーク電流-電圧特性
  - ・EL画像: デジタルカメラ(赤外透過に改造) IR850フィルタ, 注入電流 4 A

### <リーク電流測定>

30°Cの恒温槽内(湿度無制御)においてPID試験と同一の接続、印加状態でモジュールのリーク電流を測定

## 結果と考察

### <インパルス電圧印加>

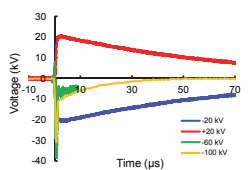


図4. 印加インパルス電圧波形

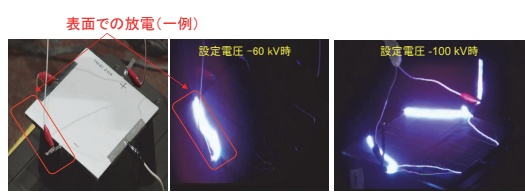


図5. インパルス電圧印加時のモジュール表面での放電



図6. インパルス電圧(-100 kV設定)印加後のバックシート破損

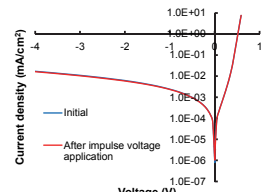


図7. インパルス電圧印加前後のダークJ-V特性(-100 kV設定)

- ◆ 正負の20 kVでは50 μs以上にわたってセルとフレーム間が高電圧状態となる。
- ◆ 設定電圧-60 kV以上では、1 μs程度で電圧が低下し、到達電圧は-40 kV程度である。設定電圧を-100 kVに上げてても到達電圧は-60 kV設定時と大きく変化しない。→モジュール外でのスパーク発生により、到達電圧に大きな変化が無くなるものと考えられる。
- ◆ 設定電圧-100 kVのインパルス電圧印加において、バックシートの物理的破損が見られた。
- ◆ インパルス電圧印加の前後でダークJ-VおよびEL発光に変化は見られない(インパルス印加前のEL画像は本稿に未表示だが、印加後の図10上段と変わらない)。→設定電圧-100 kVで10回のインパルス電圧印加までは、セル特性の劣化は無い。

### <PID試験>

#### ■ ダーク電流-電圧(J-V)特性

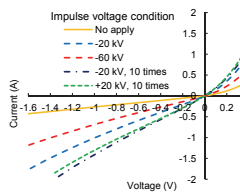


図8. PID試験後のダークJ-V特性(設定電圧60 kV以下)

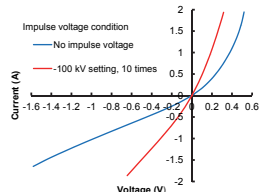


図9. PID試験後のダークJ-V特性(設定電圧-100 kV)

#### ■ EL画像

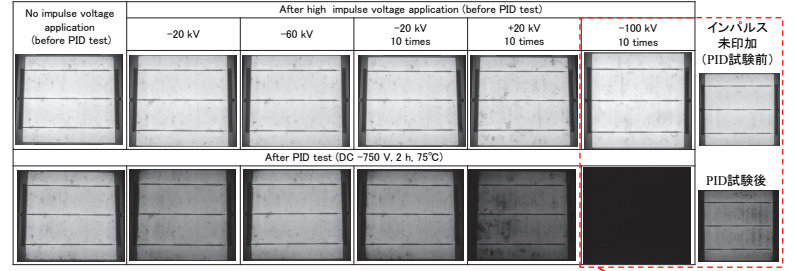


図10. インパルス電圧印加後およびPID試験後のEL画像

#### ■ リーク電流

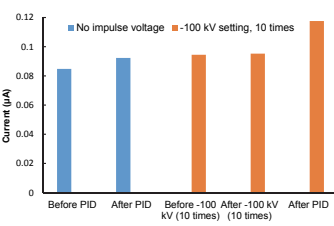


図11. インパルス電圧印加およびPID試験によるモジュール中リーク電流の変化

- ◆ インパルス電圧を印加したモジュールで、PID試験後に逆電流の増加とEL発光強度の低下が促進されている。→インパルス電圧の印加は、結晶シリコン太陽電池モジュールのPIDの進行を速める。
- ◆ 電圧の高い-60 kV設定よりも、低い-20 kVの方が劣化度合いが大きい。→インパルス電圧によるPIDへの影響は、電圧波高値だけで決まらず、セル中を通過した電荷量等が影響する事を示唆している。
- ◆ 正負どちらのインパルス電圧印加でも、劣化は促進される。
- 劣化の促進要因が、インパルス電圧そのものによる直接的なNa<sup>+</sup>イオン等の移動では無い事を示唆している。
- ◆ リーク電流の評価から、インパルス電圧印加後のモジュールではPID試験後のリーク電流増加量が大きく、モジュールの絶縁性が低下していることが分かった。
- インパルス電圧の印加でモジュール中にダメージが入り、PID試験中の加熱と直流電圧印加によりダメージが拡大したと考えられる。これにより、Na<sup>+</sup>イオンの移動が容易になったものと推定される。

## 結論

- 太陽電池モジュールのフレームと結晶シリコン太陽電池セル間へのインパルス電圧の印加は、PIDの進行を速める。
  - インパルス電圧印加後のモジュールでは、PID試験後にセル-フレーム間のリーク電流の増大が観測された。
- <今後の予定> インパルス電圧印加によるPIDの加速要因を明らかにするために、特にカバーガラスおよびEVA樹脂の変化について調査する。

## 参考文献

[1] K. Hara, H. Ichinose, T. N. Murakami, and A. Masuda, RSC Adv., 4, 44291 (2014).