

金属基板薄膜太陽電池モジュールの微小粒子衝突試験

JAXA 研開本部 電源グループ 川北史朗, 高橋真人, 艸分宏昌

1. はじめに

近年, 宇宙機全体に対して小型・軽量化が要求されており, 太陽電池パドルも単位重量あたりの電力供給量を, 現状の 5~60W/kg から 100~150W/kg ないしそれ以上に向上させることが課題となっている. また, 宇宙開発自体のコスト意識が高まっており, 低コスト化も大きな課題となっている. これらの目標を達成するための手段として, 薄膜太陽電池の宇宙機への適用が考えられる.

我々は宇宙機に適した薄膜太陽電池として, Cu(In, Ga)Se_2 薄膜太陽電池 (以下, CIGS 太陽電池) が有力な候補であると考えている. この太陽電池の特長は, 変換効率が AM1.5 で 20% 以上と他の薄膜太陽電池と比べて一番高いこと [1], 高い耐放射線性を有すること [2], ポリイミドやステンレス基板を用いた軽量太陽電池が開発されていることなどが上げられる [3]. 特に, 放射線耐性については, 小型衛星を用いた宇宙実験にて実証が行われている [4].

これまで, 太陽電池パネルの微小粒子衝突に関していくつかの報告がある [5]. ここでは, 現状の太陽電池パネルの構造および宇宙機の電源系の設計においては, 微小粒子の衝突時に放電は発生するが, 懸念される太陽電池とパネルとの電気的な接続である地絡故障は発生しないことが確認されている.

本研究の対象である CIGS 太陽電池は, 一般的な太陽電池と異なり, 一つの基板に電気的に接続されたモジュールを作製することが可能である. これにより, 各太陽電池を接続する工程がなくなり低コスト化が可能となるだけでなく, 太陽電池パネルあたりの太陽電池が占める占有率が向上することができる. また, 軽量・フレキシブル化を目的として, 一般的なガラス基板タイプと同温にて CIGS が製膜可能な, 金属基板タイプが高い変換効率を得ている. この CIGS 太陽電池モジュールは, 金属基板と太陽電池層の間に薄い絶縁層をもうけることで, モジュール化を可能としている. そのため, 従来の宇宙用太陽電池パネルと比べて, 太陽電池とパネル基板との絶縁層の厚さが 1/10 以下となることから, 軌道上での微小粒子の衝突によって, 太陽電池がパネルと地絡故障することが懸念される. そこで, 本研究は, 新たに開発された金属基板薄膜太陽電池モジュールの微小粒子衝突試験を行い, 衝突による太陽電池の故障発生についての評価する.

2. 実験と結果

CIGS 太陽電池の構造を図 1 に示す. 金属基板上に薄い絶縁層が形成され, その上にスクライブ方式にて電気的に接続された CIGS 太陽電池が作製される.

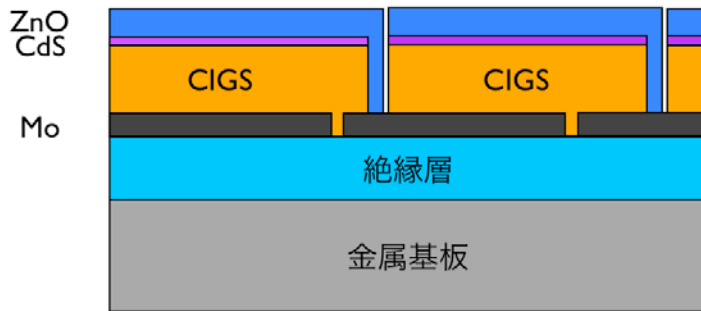


図1 金属基板 CIGS 太陽電池モジュールの構造

微小粒子の衝突は、この太陽電池モジュールを貫通する条件として、プロジェクタイトルは直径 1mm のステンレス球、衝突速度は 6km/s 以上とした。また、衝突によって生じたプラズマをトリガーとし、太陽電池パネルの発生電力が放電に供給することによる 2 次アーク放電および持続放電の影響を評価するため、外部電源を用いて太陽電池モジュールを発電状態にして試験を行った。電源の条件は、一般的な低軌道衛星のバス電圧である 50V、電流は 0.5A とした。試験のコンフィギュレーションを図 2 に示す。

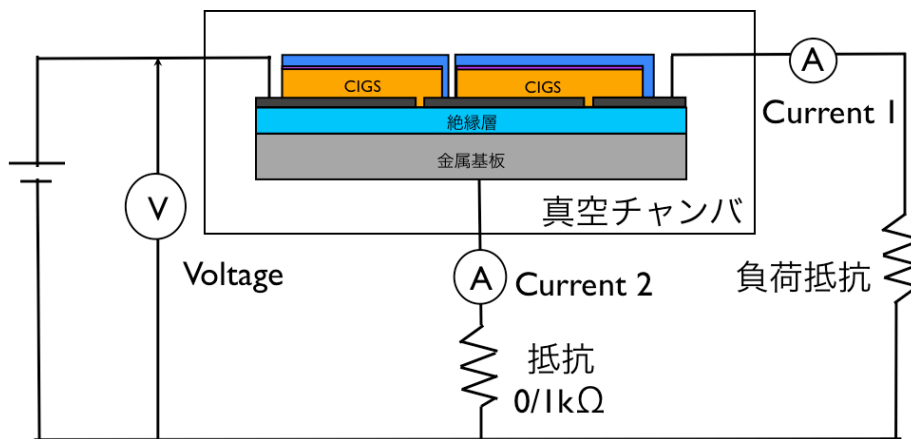


図2 薄膜太陽電池モジュールの衝突試験コンフィギュレーション

ここでは、近年の宇宙機には標準的に備わっている、太陽電池の持続放電を抑制する太陽電池パネルと宇宙機のグラウンドとの間の抵抗の効果を確認するため、この抵抗の有無を条件とした試験を行った。このときの電圧および電流波形を図 3 に示す。

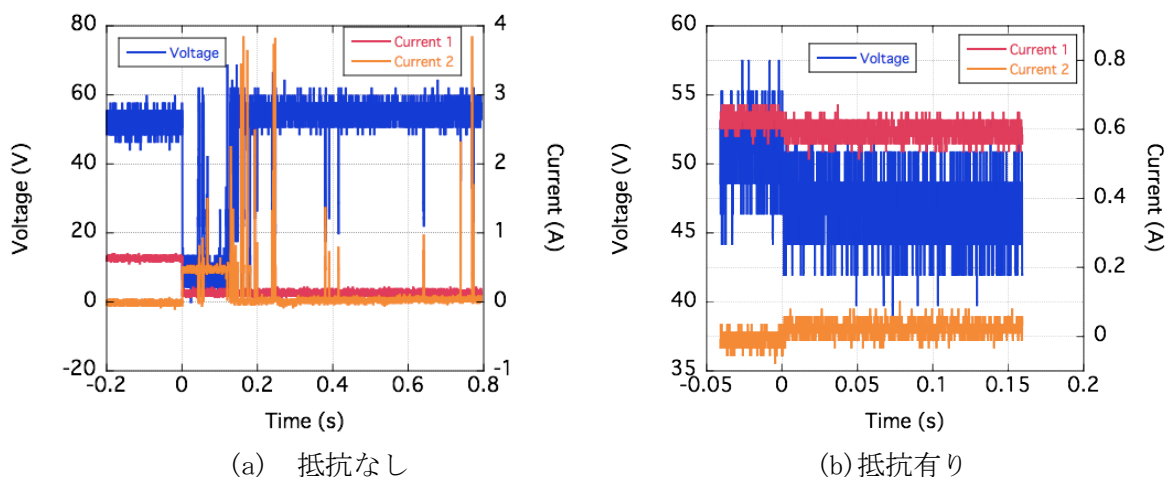


図3 微小粒子衝突時の電圧/電流波形

図3より、抵抗が無い条件では、衝突時に外部電源の電流が太陽電池パネルのグラウンドに150msecほど流れる持続放電が発生し、その後回路が開放状態となり電力の供給が遮断された。一方、抵抗がある場合は、ない場合と比べて衝突時の放電に付随した電流波形とはならなかった。しかし、衝突前まで流れていなかった電流がパネルグラウンドに流れており、その値は負荷抵抗との比率から太陽電池が金属基板に地絡していることを示す結果となった。

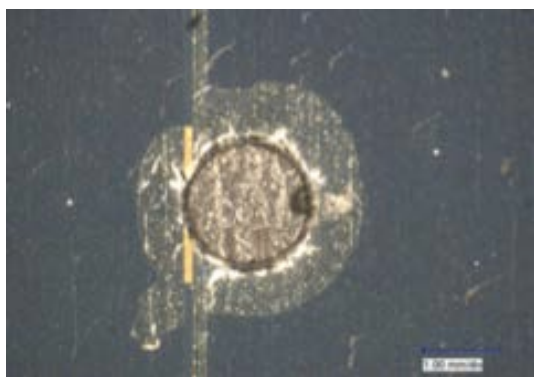


図4 薄膜太陽電池モジュールの微小粒子衝突痕

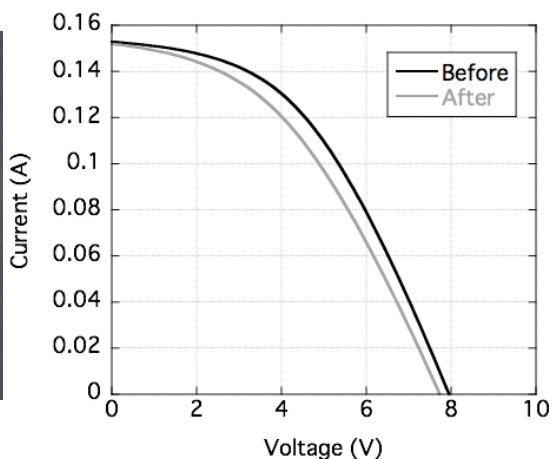


図5 微小粒子衝突試験前後の光電気性能特性

衝突試験後の太陽電池モジュールの衝突痕を図4に示す。この衝突痕は、プロジェクタイルと同程度のサイズであることを確認した。この太陽電池モジュールの光照射下での発電特性を図5に示す。ここでは、衝突試験前と比べて約0.5V程度の電圧低下が確認された。この値は太陽電池一つ分に相当する電圧であり、衝突痕がある太陽電池が短絡故障してい

と考えられる。そこで、太陽電池の電気状態を確認するため、通電による太陽電池の発光分布をカメラにて取得した。これより、衝突痕がある太陽電池が発光していないことから、この太陽電池が短絡していることを確認した。また、この太陽電池モジュールと金属基板の抵抗を測定したところ、衝突試験時の地絡防止の抵抗の有無によらず、太陽電池が基板に地絡していることを示す結果となった。

3. まとめ

次世代の宇宙機の太陽電池パネルの有力な候補である CIGS 太陽電池モジュールの微小粒子衝突による影響を評価した。この結果、金属基板上に薄い絶縁層を介して作製された CIGS 太陽電池モジュールは、微小粒子衝突により地絡故障が発生することが確認された。これより、この絶縁層では衝突による故障を防ぐには不十分であることから、この太陽電池モジュールを宇宙機に適用するためには絶縁層の膜厚などを改良することが必要と考える。

参考文献

- [1] P. Jackson, et. al., *Progress in Photovoltaics*, **19**, 194 (2011).
- [2] T. Hisamatsu, et. al., *Proceeding of the 2nd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Vienna, 1998, pp.3568.
- [3] A. Chirila, et. al., *Proceeding of the 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, Valencia, 2010, pp. 3403.
- [4] S. Kawakita, et. al., *Proceeding of the 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Hamburg (2011) pp. 210.
- [5]川北, 設計標準 WG3, 平成 19 年度スペースプラズマ研究会 (2007) pp. 18.