

H5

太陽電池パネルの微小粒子衝突による電氣的影響評価

Hypervelocity impact effects of small particles on solar arrays

○川北史朗, 舩分宏昌 (JAXA 研開本部 電源 G), 松本晴久 (JAXA 研開本部 環境 G)

○Shirou Kawakita, Hiroaki Kusawake, Haruhisa Matsumoto (JAXA/ARD)

宇宙環境におけるスペースデブリの増加により, 宇宙機の大部分を占める太陽電池パネルへの衝突が懸念されている. 特に, 太陽電池パネルは人工衛星の電力源であることから, 衝突による機械的影響だけでなく電氣的影響が心配される. そこで, 発電状態を模擬した太陽電池パネルへの微小粒子衝突試験を行いその影響を評価した. この結果, 衝突によって発電電力に若干の低下は見られるが, 衛星グランドとの地絡故障などの大きな低下は確認されなかった. これより, 従来の太陽電池パネル設計においては, 軌道上での微小粒子の衝突は衛星システムにほとんど影響しないことが確認された.

Solar arrays are the satellite component most exposed to micrometeoroid and space debris (MM/SD) impacts. The electrical degradation by hypervelocity impacts (HVI) is characterized by considerable energy released at the impact interface leading to mechanical damage and the generation of plasma on electrical generation condition of the solar arrays. The electricity by solar array had no degradation during and after the impact tests. These results suggest the MM/SD should not effect on the generating power in space.

第6回 スペースデブリワークショップ
平成26年12月17日～19日 JAXA 調布航空宇宙センター

太陽電池パネルの 微小粒子衝突による電氣的影響評価

2014/12/19

宇宙航空研究開発機構
研開本部 電源グループ
川北史朗, 今泉充, 艸分宏昌

2

アウトライン

1. 背景と目的

- －太陽電池パネルへの微小粒子衝突
- －太陽電池の発生電力の1アレイ相当の電力劣化

2. 実験と結果

- －微小粒子衝突による太陽電池パネルの短絡故障モード
- －太陽電池パネルの微小粒子衝突試験

3. まとめ

太陽電池パネルの微小粒子衝突



ハッブル宇宙望遠鏡

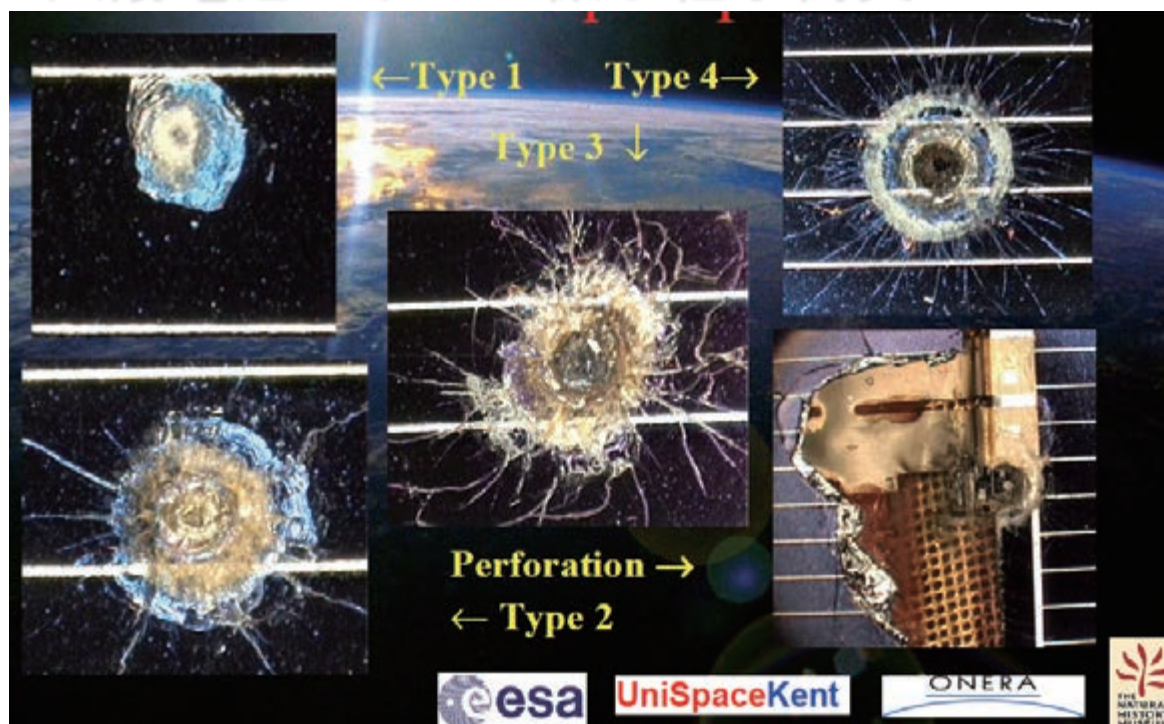
- ・軌道: 600km, 28.5°
- ・暴露期間: 1320日
- ・パネル面積: 42m²
- ・電気出力: 4.4kW(34Volts)

電気出力の異常劣化(6回)

→太陽電池アレイの地絡故障はなし.

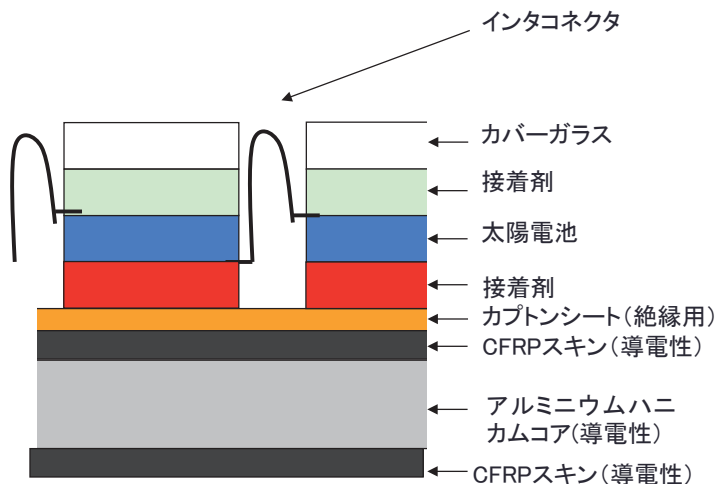
出典: Post-Flight Impact Studies of HST Solar Arrays

太陽電池パネルの微小粒子衝突



出典: Post-Flight Impact Studies of HST Solar

太陽電池パネルの微小粒子による影響



太陽電池パネルの構造

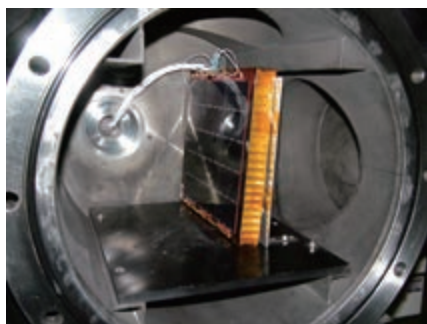
短絡/地絡故障モード

- 1) 物理的に、太陽電池と基板とが接触
- 2) 微小粒子衝突によって発生したプラズマを介しての持続放電による故障
- 3) 微小粒子痕を中心とした放電による故障
- 4) デブリ衝突をトリガーとした雰囲気プラズマ中における放電による故障

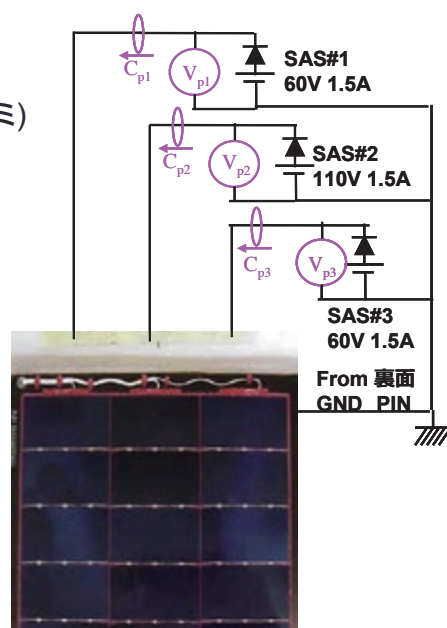
太陽電池パネルの微小粒子衝突試験

試験条件

- ・ 使用装置: 2段式軽ガス銃(JAXA/ISAS)
- ・ プロジェクタイル: 100,200,500 μ m(誘電体, アルミ)
- ・ 速度: 3~4km/sec
- ・ 電圧印加: 60 or 110V
- ・ シリコン太陽電池



衝突試験チャンバー設置



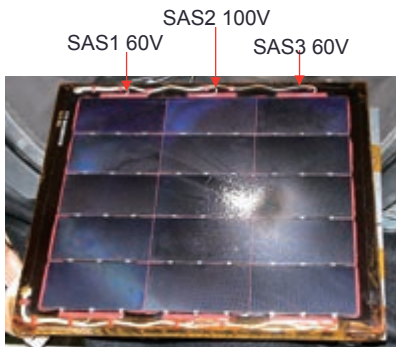
試験回路

7

太陽電池パネルの微小粒子衝突試験 結果1

試験結果

- ・ プロジェクティル 100～125 μm ソーダ石灰ガラス, 速度: 3.3 km/s
- ・ 多数のデブリ痕が形成される.
- ・ 5msecの2次アーク放電を観察.
- ・ 試験後の電気特性で大きな変化はなし. 地絡故障はなし.



試験後全体写真



試験後拡大写真

8

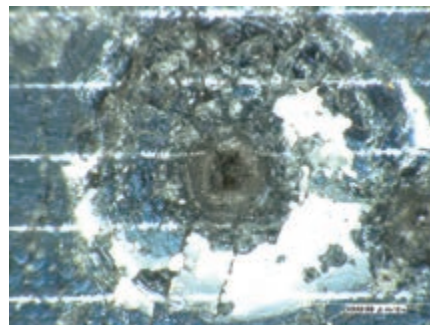
太陽電池パネルの微小粒子衝突試験 結果2

試験結果

- ・ プロジェクティル 175～250 μm ソーダ石灰ガラス, 速度: 3.3 km/s
- ・ いくつかのデブリ痕が形成される. 深さ約300 μm .
- ・ 2次アーク放電は観察されず.
- ・ 試験後の電気特性で大きな変化はなし. 地絡故障はなし.



試験後拡大写真

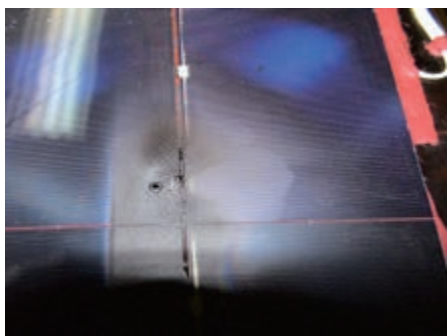


光学顕微鏡写真

太陽電池パネルの微小粒子衝突試験 結果3

試験結果

- ・ プロジェクタイト 450～600 μ m アルミナ, 速度:3.3 km/s
- ・ 2つの貫通痕が形成される.
- ・ 2次アーク放電は観察されず.
- ・ 試験後の電気特性で大きな変化はなし. 地絡故障はなし.



試験後サンプル(セル面)

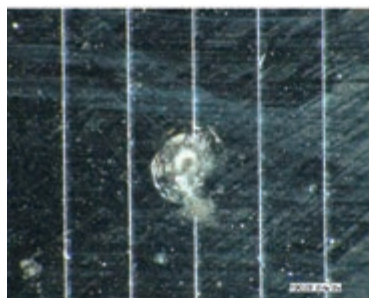


試験後サンプル(裏面)

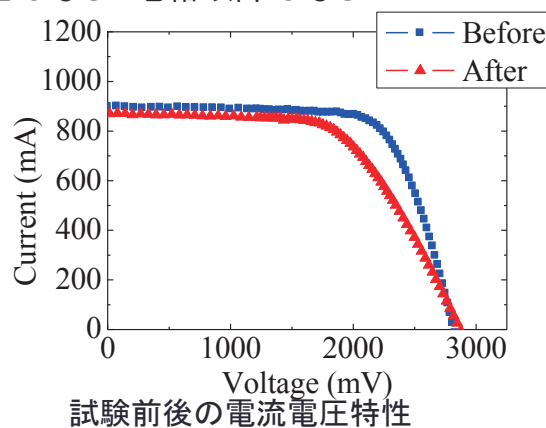
太陽電池パネルの微小粒子衝突試験 結果4

試験結果

- ・ プロジェクタイト 125～150 μ m アルミ, 速度:3.8 km/s
- ・ いくつかのデブリ痕が形成される.
- ・ 約200msecの2次アーク放電は観察された. (すべて110V印加)
- ・ 試験後の電気特性で大きな変化はなし. 地絡故障はなし.



試験後拡大写真



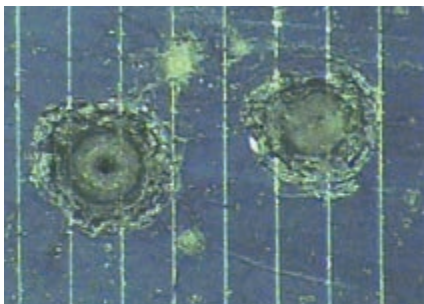
太陽電池パネルの微小粒子衝突試験 結果5

放電試験

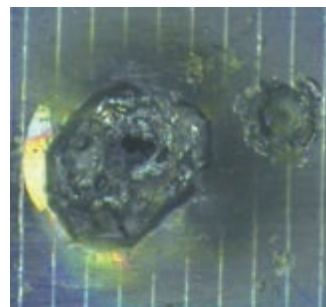
デブリ衝突サンプルの電子ビームによる帯電放電試験

試験結果

- ・ バス電圧110Vまで放電はするが、持続放電に至らず。
- ・ 150V印加時に、200 μ m径デブリ痕にて持続放電発生。
→ 基板が露出される傷が放電に弱い？（他試験と同じ傾向）



持続放電前



持続放電後

出典：豊田他“デブリ衝突太陽電池パネルの放電試験，第2回宇宙環境シンポジウム(2005.12)

まとめ

- ・ 太陽電池パネルは、微小粒子衝突による物理的および衝突時の放電損傷による短絡故障には至らなかった。
- ・ 微小粒子衝突傷への電子線による帯放電試験の結果、150Vのバス電圧において持続放電による短絡故障が発生した。

以上より、一般的な太陽電池パネルの設計においては、微小粒子の衝突による地絡故障は発生しないことを確認した。