

沿面放電電流を模擬した持続放電試験に関する研究

10349524 鈴木 智理

九州工業大学大学院工学府 電気電子工学専攻電気エネルギー分野

1. 研究背景と研究目的

近年の人工衛星は大型化・多機能化が進んでいるため、大電力を必要とする衛星が増加しており、太陽電池パネルの大型化が進んでいる。太陽電池パネル上はサブストームによる高エネルギー電子が大量に降り注ぐことで衛星が帯電し、一次放電が発生する(Fig1)。この放電は沿面放電と呼ばれ、太陽電池パネル上に帯電した電荷を取り込みながら広範囲に伝搬することでパネル全体が放電の影響を受ける。この放電は太陽電池の劣化や二次放電に発展する(Fig2)。二次放電が発生すると太陽電池で発電した電力が衛星に行き渡らず、衛星の運用停止などの事故に発展するため未然に防ぐ必要がある。そこで、衛星を打ち上げる前に太陽電池パネルの地上試験を行う必要がある。

そこで、本研究の目的は太陽電池パネル上で発生する沿面放電を模擬した二次放電試験環境を構築することである。

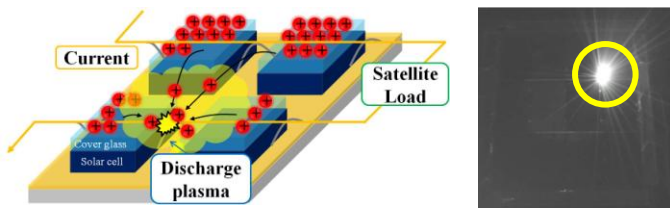


Fig1. Primary arc

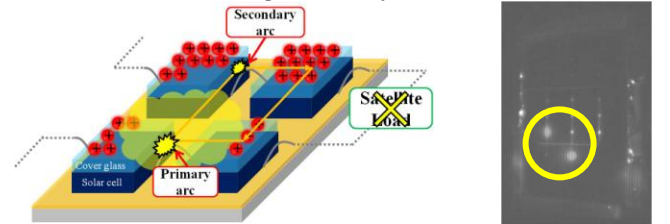


Fig2. Secondary arc

2. 沿面放電電流模擬

沿面放電波形の模擬波形を算出した。模擬に用いたパラメータは放電プラズマの伝搬速度(Fig3)、太陽電池表面の電位(Fig4)である。伝搬速度は減衰し、表面電位は放電前後で乖離電圧が沿面放電によって中和する。Fig5に実波形と比較した結果を示している。典型的な沿面放電電流はピーク電流 4A、長さ 400 μ s である。この波形を LCR 回路で模擬し、試験に適用する。

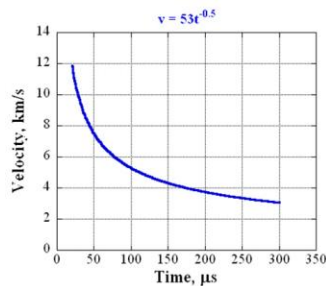


Fig3. Propagation velocity

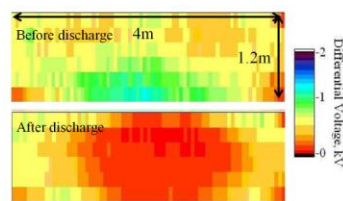


Fig4. Surface potential

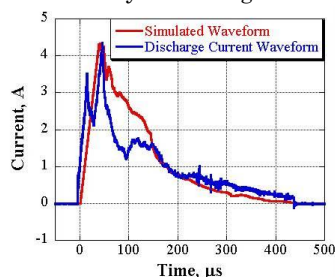


Fig5. Simulated flashover waveform

3. 持続放電試験環境

沿面放電電流波形を模擬した持続放電試験を行った。Fig6に試験サンプルを示している。太陽電池パネルの周辺に銅電極を貼りつけており、その電極から沿面放電電流波形を模擬した LCR 回路を接続する手法を用いた(Fig7)。その結果、放電発生時にコンデンサに充電された電荷が抵抗、コイルを流れ電極を介して放電点へ流れ込むようになる。これは沿面放電電流が太陽電池パネル表面を這うように流れているため電流経路を模擬している。

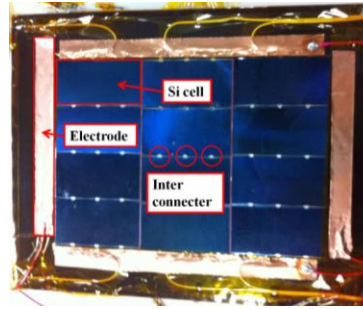


Fig6. Test sample

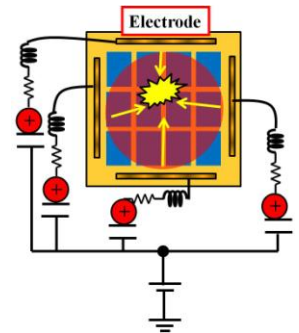


Fig7. Flashover current route simulated

4. 試験結果

Fig8は放電が発生した時の放電画像である。このように放電時に太陽電池周辺に貼りつけた銅電極が発光している。この時、放電点と電極が放電プラズマを介して繋がっている。Fig9は電極を介して流れた沿面放電電流波形である。LCR回路から流れる沿面放電電流が4つとも流れる結果となった。これは沿面放電の電流経路を模擬している。また、電流値についても4電極合計でピーク電流 4A、400 μ s を出力することができた。沿面放電電流を正確に模擬した二次放電試験環境を構築できたとと言える。

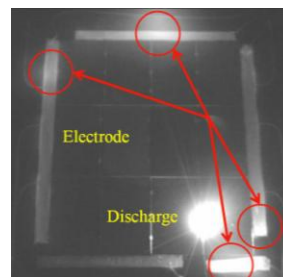


Fig8. Discharge picture

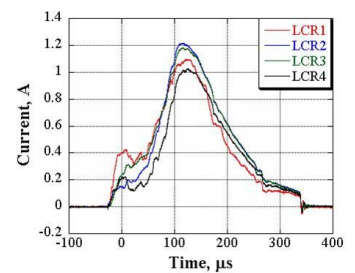


Fig9. Controlled flashover by LCR circuit

5. まとめ

宇宙環境で発生する沿面放電電流の模擬波形を算出することができた。その結果を用いて二次放電試験に適用し、沿面放電電流の電流経路を模擬することに成功した。宇宙での放電環境を模擬した地上試験法を構築することができた。

研究業績 (発表論文 2 件)

国内学会 (2 件)

- 日本航空宇宙学会 西部支部講演会 11 2010
- 第 55 回宇宙科学技術連合講演会 11 2011