

宇宙機太陽電池アレイ上で発生する持続放電の電流振動による抑制手法に関する研究

12349528 春田 石男

九州工業大学大学院工学府 博士前期課程 豊田研究室 電気電子工学科専攻

1 研究背景・目的

近年の人工衛星は大型化、多機能化に伴い、発電電圧が大電力化・高電圧化している。この為、人工衛星は宇宙空間との相互作用により運用している衛星の太陽電池パネルにおいて放電が発生し、放電が多発することにより太陽電池の発電電圧の低下が確認されている。最悪のケースとして運用停止となる問題が生じている。私は、放電（一次放電）によって発生する最も衛星に悪影響を与える持続放電（二次放電）の抑制手法を開発し、人工衛星の故障事故を未然に防ぐことを目的としている。

2 原理

・放電原理

宇宙軌道上では、人工衛星は地上と異なり電氣的に接地する事ができない。宇宙空間では高濃度のプラズマが存在する為、人工衛星周辺のプラズマ電位を基準に、衛星が収集する電子とイオンの量によって人工衛星の電位が決定される。図1に示すように一般的に人工衛星の太陽電池は、導体（太陽電池セル）と絶縁体（カバーガラス）で構成されている。人工衛星構体の導体は電氣的につながっているためすべて同電位をもつが、絶縁体は各箇所異なる電位を持つ可能性がある。この導体、絶縁体、真空との三重点であるトリプルジャンクションと呼ばれるところで電界が集中しやすい。

太陽活動による磁気嵐やオーロラのような高エネルギー電子が人工衛星に降り注ぐと絶縁体（カバーガラス）の電位は導体の電位に対して正に帯電する。このような電位の状態を逆電位勾配と呼んでいる。このようにして導体と絶縁体間に電界が発生するとその部分から中性ガスが脱離する。更にガス層に電子が衝突することでそのガスが電離し初期放電（一次放電）が発生する。そのときにカバーガラスに帯電した電荷が電極に流れ込む。放電プラズマが放電点から絶縁体上の電荷を中和しながら周囲に拡散することで流れる電流のことをフラッシュオーバー電流と呼んでいる。放電プラズマによって一次放電が原因でセル間が短絡してしまうことを持続放電と呼んでいる。

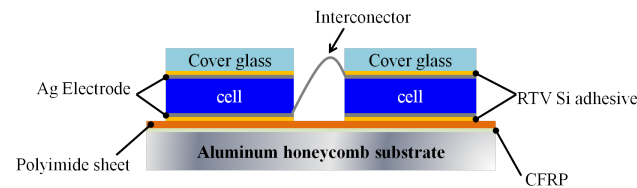


図1. 太陽電池アレイの断面図

・抑制手法の原理

図2は太陽電池に抑制手法を用いた回路で、持続放電発生時に流れる太陽電池発電電流（赤のライン）と抑制回路（インダクタとコンデンサ）の電流経路（緑のライン）を示している。一次放電に起因で発生した持続放電によって列間が短絡してしまい、短絡電流が流れる（青のライン）。本研究は図のようにセルの列間に抑制回路を挿入することで放電点に任意の振動した電流を流す。このことにより、持続放電発生時に流れる短絡電流は太陽電池の発電電流と抑制回路の電流の和となり、短絡電流は振動した電流となる。結果的には短絡電流が切れて流れなくなる。

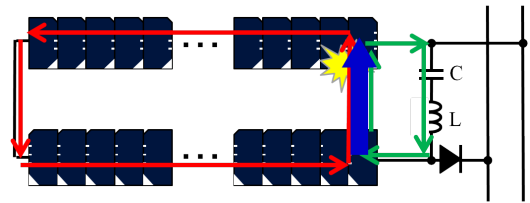


図2. 持続放電時の電流経路

3 実験設備と実験方法

実際に宇宙用太陽電池はとても高価なため、図3のように作成した太陽電池サンプルを用いた。

測定システムの全体概要を図2に示す。実験は宇宙環境を模擬するチャンバーを用いて行なわれた。宇宙空間の高エネルギー電子を模擬するため電子銃を用いている。

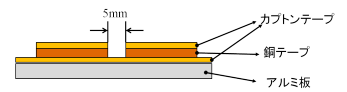
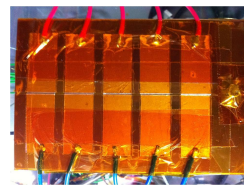
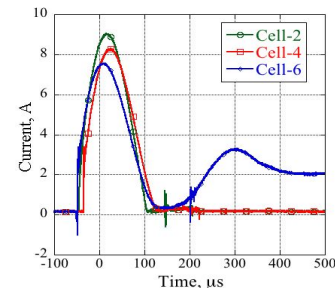
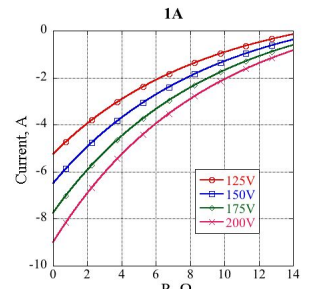


図3. 作成した太陽電池サンプル

4 まとめと今後の予定



(a)セルの枚数変化



(b)抑制可能な抵抗値

図4. 試験結果

実験では太陽電池の内部インピーダンスを模擬するためにセルを繋いだ。図4の左に示しているのは、繋いだセルの枚数を変化させたときの抑制回路による短絡電流の変化を表している。セルを2枚、4枚繋いだときでは、電流が振動して切れていることが分かるが、セルが6枚のときでは、振動しきれなくて、切れずに短絡が持続してしまっている。これは太陽電池の内部インピーダンスが大きくなると抑制効果が小さいことがわかる。また右の図に示しているのは、太陽電池の発電電圧を変化させたときの抵抗と電流の関係を示している。抑制効果が表れるのは振動した電流が零以下となるときなので、零以下となるとき抵抗値が抑制効果の表れる領域となる。

今度の課題として、太陽電池のサンプルを用いて試験を行っているが、実際の太陽電池を用いた持続放電試験を行う必要がある。

研究業績（発表論文 4件）

国際学会（2件）

→ 12th Space Spacecraft Charging Technology Conference 2012

→ 64th International Astronautical Congress, Beijing, China. IAC 2013

国内学会（2件）

→ 日本航空宇宙学会西部支部 2012年

→ 宇宙科学連合 in 米子 2013年