

宇宙用太陽電池アレイ上で起こる順電位勾配での放電に関する研究

11349526 野田 龍太

九州工業大学大学院工学府 博士前期課程 豊田研究室 電気電子工学専攻電気エネルギー分野

1. 研究背景と研究目的

現在、人工衛星は大型なものから小型なものまで様々なものが開発されている。開発も国家レベルのものから大学レベルのものまで幅広く、活発に行われ始めている。

近年、人工衛星の太陽電池アレイ上での放電事故が確認されている。太陽電池アレイ上で発生した放電は場合により太陽電池アレイの発電能力低下や運用停止などの深刻な問題を引き起こす可能性がある。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性が出てきた。

放電現象は電位の勾配により順電位と逆電位に分けることができるが、現在地上で行われている耐帯電放電の試験方法は逆電位勾配の放電現象に基づいて考案されたものである。電位の勾配によって放電現象のメカニズムは異なるため試験方法も変えていかなければならない。

そこで本研究は人工衛星の順電位勾配における耐帯電放電試験方法を開発することが目的である。

2. 研究手法

試験方法を開発するために放電試験用模擬クーポンを作成し、宇宙環境模擬チャンバーを用いて試験を行った。試験により得られた放電画像や電流波形のデータからパラメータを取得した。試料の厚さや特性、電極の配置に対する放電の変化を測定するため様々なケースで検証を行った(Table1)。このパラメータをもとに模擬放電電流を算出した。最後にこれらの結果をもとに順電位勾配での耐帯電放電試験方法の開発を行った。

Table1. Experiment Case

Size	Material	Thickness	Number of Electrode
400 mm x 400 mm	Polyimide	90 μ m	1
700 mm x 500 mm	Polyimide	90 μ m	1
400 mm x 400 mm	Polyimide	53 μ m	1
400 mm x 400 mm	Polyimide	80 μ m	1
400 mm x 400 mm	Teflon	130 μ m	1
400 mm x 400 mm	Teflon	260 μ m	1
400 mm x 400 mm	Polyimide	90 μ m	2
100 mm x 100 mm	Cover glass	100 μ m	1

3. 放電試験によるパラメータの取得

放電画像と放電波形から得られるパラメータを比較すると相関性があることが判明した。放電画像から得られる伝搬距離は電流波形のピーク値と電荷量に相関性があり、伝搬距離は電流波形の持続時間と相関性がある。更に試料の厚さや材質を変えても同様の結果が得られた(Fig.1)。

また Image Intensifier によって取得した画像からポリイミド上の放電の進展速度を算出すると 10^5 m/s であった(Fig.2)。また、試料の厚さに放電の進展は影響されないことが判明した。

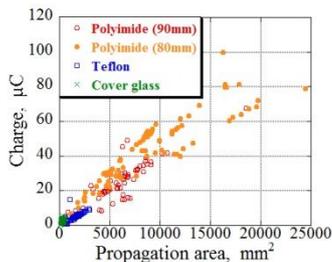


Fig.1 Propagation Area vs. Electric Charge

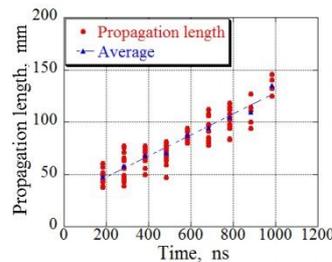


Fig.2 Time vs. Propagation Length

電極がサンプル上に複数あるとき、1箇所での放電が他の電極の放電を誘発する現象が確認された(Fig.3)。これは放電によ

り発生する電磁波が影響していると推測出来る。更に、電極が複数あることで放電規模が抑制される現象が確認出来た(Fig.4)。これは表面の電荷が中和されることによる電氣的な要因、放電による表面付近のガスの損失が推測出来る。太陽電池クーポンを使った放電試験においても同様の現象が確認された。

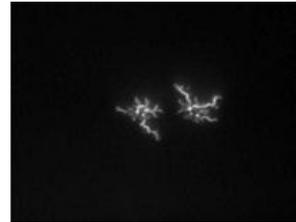


Fig.3 During Discharge

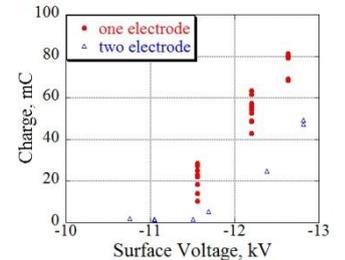


Fig.4 Surface Voltage vs. Electric Charge

4. 電流波形の模擬

放電電流の模擬波形を算出した。その際に、放電画像の発光面積から電荷量を予測する新しい手法を開発した。放電試験によって得られた画像(Fig.5)から算出した電流波形と実波形を比較した結果、ほとんど等しい結果となった(Fig.6)。

この手法を用いれば、放電点に流れ込む電流を直接出来ないような太陽電池パネル上での放電電流を算出することが出来る。

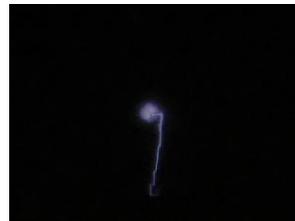


Fig.5 Discharge Image

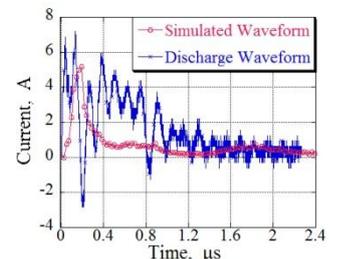


Fig.6 Simulated Current Waveform

5. 耐帯電放電試験方法の開発

順電位勾配の耐帯電放電試験方法を開発した。本研究において太陽電池クーポン上の放電規模が1枚のセル内に収まることを確認した。本手法により電子ビームを照射するだけで一次放電の模擬が可能である。つまり従来の試験で用いられていたコンデンサによって衛星一翼分の面積を模擬する手法は必要がないことが分かった。

6. まとめ

放電試験により様々な条件での放電パラメータを取得し、放電電流の模擬を行った。それらの結果を用いて順電位勾配の耐帯電放電試験方法を開発することが出来た。

研究業績 (発表論文 4 件)

国際学会 (2 件)

➤ International Symposium on Space Technology and Science June 2011

➤ 12th Spacecraft Charging Technology Conference March 2012

国内学会 (2 件)

➤ 日本航空宇宙学会 西部支部講演会 11 2011

➤ 第 56 回宇宙科学技術連合講演会 11 2012