

静止軌道環境模擬用電子ビーム照射システムの開発

九州工業大学大学院 工学研究科 電気工学専攻 博士前期課程 2年 豊田研究室 小田原健二

1. 背景と目的

近年の衛星不具合の約半数は電力システムの故障で、太陽電池アレイ上での帯電・放電が原因である。このように静止軌道上での相次ぐ衛星不具合が報告されている昨今、太陽電池アレイ上での帯電・放電現象の究明は今後の衛星開発にとって必要不可欠である。そのため軌道に投入する前に軌道上のプラズマ環境を模擬した真空装置内に太陽電池アレイを設置し、地上試験することで帯電・放電するかどうかを調べ、耐宇宙環境性能を評価することが要求されている。地上試験では静止軌道を適切に模擬することが必要だが完全に適切であるとは言えない。そこで本研究では静止軌道の電子環境を再現できる電子ビーム照射システムを開発を目的とする。

2. 静止軌道環境の再現

静止軌道で支配的な電流は、周辺宇宙プラズマによる外部電子電流、外部電子電流による2次電子電流および光電子電流であり、静止軌道を再現するためにはこれらの電子環境のみを模擬すればよい。静止軌道では低エネルギー電子と高エネルギー電子がともに存在しており、電子のエネルギー分布はダブルマクスウェル分布で再現できる。そこで電子銃を二つ使用し、低エネルギー電子(平均エネルギー0.5keV)を再現した電子ビームと高エネルギー電子(平均エネルギー8keV)を再現した電子ビームを作成する。その二つを同時照射することで静止軌道の電子環境を再現する。

- 高エネルギー電子の再現方法

静止軌道の高エネルギー電子を再現するためアルミ箔(厚さ 0.1 μm)に電子ビームを照射し前方散乱させ平均エネルギー8keVの電子を再現する。

- 低エネルギー電子の再現方法

鉛板に電子ビームを照射し後方散乱させることで平均エネルギー0.5keVの電子を再現する。

3. ダブルマクスウェル分布の再現

後方散乱でマクスウェル分布を再現できるかどうか図1に示す試験回路でエネルギー測定をおこなった。鉛板に照射する電子ビームのエネルギーを変化させ、入射エネルギーが1.5~2.0[kV]の時に静止軌道の低エネルギー領域($kT_1/e = 0.5\text{keV}$)を再現できることを確認した。また二つの電子銃を同時照射させエネルギー測定をおこなった。エネルギー測定の結果、図2のような波形を取得した。この結

果を理論式でフィッティングすると、エネルギーと電子密度が $kT_1/e=557[\text{eV}]$, $n_1=6\times 10^7[\text{m}^{-3}]$, $kT_2/e=4.4[\text{keV}]$, $n_2=4\times 10^6[\text{m}^{-3}]$ であることがわかり、ダブルマクスウェル分布を作成できた。また結果より静止軌道環境を再現するための電子銃のエネルギーと電流値の設定の見積もりを得た。

4. まとめと今後の課題

電子銃を同時照射しダブルマクスウェル分布の再現を試みた。結果ダブルマクスウェル分布は再現できたが、静止軌道を完璧に再現するには至らなかった。

本研究では測定機器の測定精度上、実際の静止軌道環境の電子密度より高い電子ビームを照射している。今後の課題として測定機器の精度を向上させ、静止軌道環境に合うように設定したビームの測定を行う必要がある。

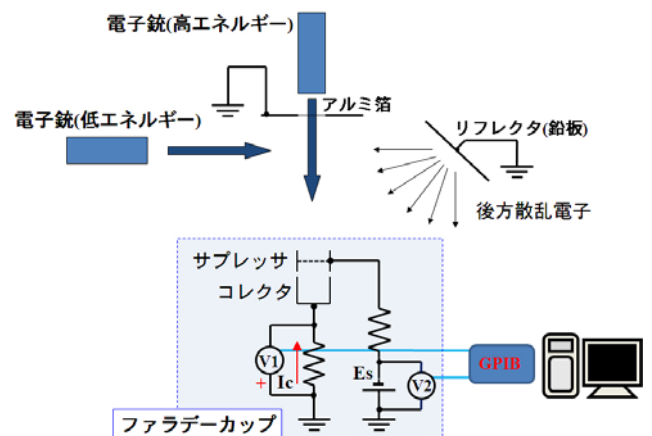


図1 エネルギー測定試験回路

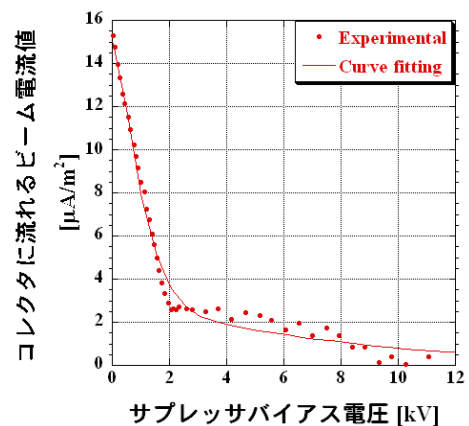


図2 エネルギー測定結果

発表業績 国内学会：2件

○平成19年 電気学会全国大会, 2007

○第51回宇宙科学技術連合講演会, 2007