

衛星帯電防止用受動型電子エミッタの耐宇宙環境性評価と性能改善に関する研究

工学府 電気電子工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 09349527 澄田貴大

1. 研究背景と目的

静止軌道衛星の大型化・多機能化に伴い衛星のバス電圧は年々高圧化している。これにより太陽電池アレイ上での帯電による衛星の不具合が発生している。そこで、帯電時に導体・絶縁体・真空の三重接合点で電界が高まるということを利用し、導電体から電子が電界放出される素子を開発している。これが実用されれば、宇宙機の帯電を緩和することができ、太陽電池アレイにおける放電による損傷を防ぐことができる。

本論文ではこの電子エミッタ素子の放射線（陽子線と電子線）と紫外線、熱サイクルに対する耐性評価を行い、電子エミッタ素子の加工条件や形状の違いによる放出電流量の変化、絶縁コーティングによる放出電流量の違いを評価し性能改善を図った。それにより電子エミッタ素子の帯電緩和と性能の向上を目指している。また、実証試験に向けた回路製作や太陽電池を用いて帯電緩和と性能の評価を行い、実用性を明らかにすることを目的としている。

2. 研究手法

A) 性能評価試験

負バイアスしたサンプルに電子ビームを当て、放出電流量を評価する。また、電子銃の下にアルミ箔を付け、実宇宙環境の電流密度を模擬した試験を行った。

B) 耐宇宙環境性評価試験

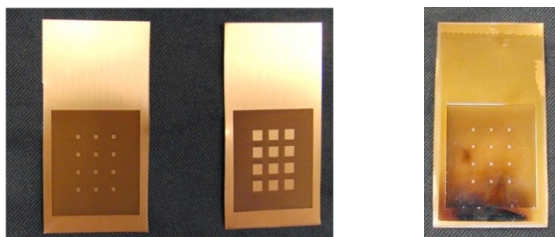
電子エミッタ素子の環境試験を行った。実静止軌道で10年分に相当する照射量を照射した。その後、性能評価試験を行い、電子放出をするかどうかで評価した。

C) 実証試験用回路試験

実証試験用に回路を作製した。この回路を用いて性能評価試験を行い、電圧を測定できるか試験を行った。

D) 帯電抑制性能評価試験

太陽電池を用いて電子エミッタ素子の帯電抑制性能を評価した。電子エミッタ素子によって衛星の危険な状態である逆電位勾配の状態を緩和し、放電発生を抑制する能力を有するかどうか調べた。



(a) 素子外観 (b) 環境試験後の外観
図1 電子エミッタ素子

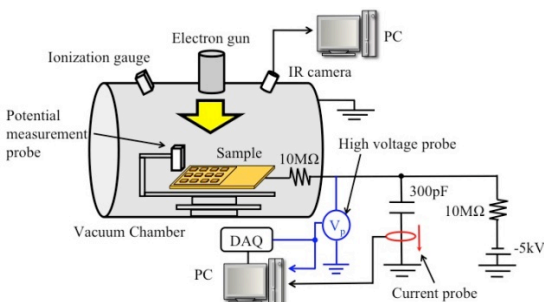


図2 性能評価システム概略

3. 結果と今後の課題

低電流密度下での試験はポリイミドの代わりにフッ素樹脂コーティングを施した電子エミッタ素子を使用した。これに負バイアスして電子ビームを照射することで、電子エミッタが受動的に動作することを確認できた（図3）。

耐性評価試験では10年分に相当する放射線、紫外線、熱サイクルに対し、耐性があることを確認した。

実証試験用回路試験では図4に示した実証試験測定用の回路を作製し、電子エミッタ素子と表面帯電モニタの動作を確認することができた。よって、実証試験に向けた測定が可能であることが確認できた。

帯電抑制評価試験では電子エミッタ素子を用いて逆電位勾配の状態を緩和することができた。

今後の課題としては以下のような項目がある。

① 絶縁コーティングによる性能改善

放出電流量の増加を目指した絶縁コーティングおよび突起の微細加工を施し性能改善をする必要がある。

② 長期耐久性評価

長期運用に際し、衛星の運用中に電子エミッタ素子が動作することを証明するための長時間耐久性評価をする必要がある。

③ 実証試験

本素子を搭載予定である高電圧技術実証衛星「鳳龍弐号」での実証試験を行うための実証試験用回路の改善を図る必要がある。

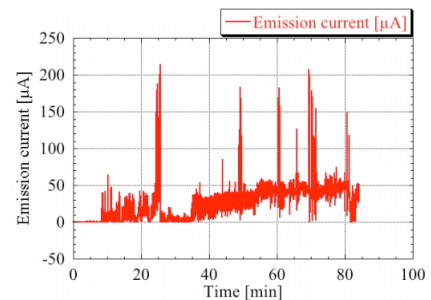


図3 電子エミッタによる電子放出

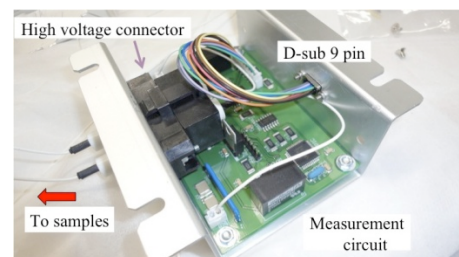


図4 実証試験用回路