

多様な試験条件での宇宙用材料の放電閾値計測および試験方法の確立

九州工業大学大学院工学府工学専攻宇宙システム工学コース 北城陸人

指導教員: 豊田和弘 教授

宇宙機の帯電・放電は、宇宙機全体の故障要因の半数以上を占める深刻な脅威である。JAXA では、宇宙機が遭遇する宇宙環境を把握し、対処することによって宇宙機の信頼性や確実性の具現化を目的とした「帯電・放電設計標準(JERG-2-211)」の策定を行なっている。その中には、太陽電池パドルの放電閾値データは含まれているが、それ以外の共通部品や新規材料の放電閾値データは含まれていない。そこで、本研究では、ポリイミドテープを試料とし、4つの帯電条件(プラズマ逆電位、ビーム逆電位、ビーム順電位、紫外線逆電位)で放電閾値を計測し、個体差や、帯電順序、真空暴露時間、ベーキング、低温環境による影響を考察し、同じサンプルで放電閾値計測試験を連続して行う際の最適な試験方法、帯電順序の提案を試みた。これらの結果から、最適な試験方法に関しては「照射の出力・時間を一定にしてバイアス電圧を調整する方法」、最適な帯電順序に関しては「①プラズマ逆電位 ②電子ビーム逆電位 ③電子ビーム順電位 ④真空紫外線逆電位」の順で行うのが望ましいという結論に至った。

Measurement of Discharge Thresholds for Space Materials under Diverse Test Conditions and Establishment of Test Methods

By HOJO Rikuto

Space Systems Engineering Course, Department of Engineering, Kyushu Institute of Technology

Supervisor: Prof. TOYODA Kazuhiro

Electrostatic charging and discharging of spacecraft is a serious threat, accounting for more than half of all spacecraft anomalies. To address this issue, the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) has established the “Spacecraft Charging and Discharging Design Standard (JERG-2-211),” aiming to ensure spacecraft reliability and mission assurance by understanding and mitigating the space environment encountered by spacecraft. Although this standard includes discharge threshold data for solar array paddles, it does not cover common components or newly developed materials.

In this study, polyimide tape was used as a test specimen, and discharge thresholds were measured under four charging conditions: plasma inverted gradient, electron beam inverted gradient, electron beam natural gradient, and ultraviolet inverted gradient. The effects of sample-to-sample variation, charging sequence, vacuum exposure time, baking treatment, and low-temperature environment were investigated. Furthermore, we attempted to propose an optimal test method and charging sequence for conducting consecutive discharge threshold measurements on the same specimen.

Based on the results, the optimal test method was determined to be adjusting the bias voltage while keeping the irradiation power and duration constant. The optimal charging sequence was found to be: (1) plasma inverted gradient, (2) electron beam inverted gradient, (3) electron beam natural gradient, and (4) vacuum ultraviolet inverted gradient.

目次

1. 序論

- 1.1. 研究背景
- 1.2. 先行研究
- 1.3. 本研究の目的

2. 研究手法

- 2.1. 用語の定義
- 2.2. 実験環境
- 2.3. 実験サンプル
- 2.4. 実験条件
- 2.5. 測定条件

3. 実験結果

- 3.1. 各サンプルの放電閾値
- 3.2. 各サンプルの ESD

4. 考察

- 4.1. 放電閾値の個体差
- 4.2. 放電閾値の真空暴露時間の依存性
- 4.3. 放電閾値のベーキングの影響
- 4.4. 放電閾値の低温環境の影響
- 4.5. 放電閾値の帯電順序の依存性
- 4.6. 放電閾値計測方法の改善
- 4.7. サンプルの放電箇所の集中
- 4.8. 最適な放電閾値計測方法の提案

5. 結論

6. 今後の課題

7. 参考文献

8. 謝辞

9. 付録

- 8.1. 各実験におけるプラズマ電位, 電子温度, プラズマ密度

全文を希望の方は toyoda.kazuhiro721 (アット) mail.kyutech.jp までご連絡下さい