

## 内部帯電計測システムによる帯電現象の解析

Analysis of Charging Phenomena in dielectric materials using the PEA System

三宅 弘晃<sup>1)</sup>

田中 康寛<sup>2)</sup>

Hiroaki MIYAKE

Yasuhiro TANAKA

<sup>1)</sup>宇宙航空研究開発機構

<sup>2)</sup>武蔵工業大学

宇宙機表面絶縁材料は高エネルギー荷電粒子の照射により帯電を引き起こし、衛星事故・運用停止の原因となる可能性があると報告されている。本研究ではプロトンを絶縁材料各種に照射し内部帯電を計測した。その結果、材料ごとに正帯電分布の差が観察された。

**キーワード**：プロトン照射、内部帯電、宇宙機材料

### 1. 目的

人工衛星の飛行する宇宙空間は放射線環境(ヴァン・アレン帯：電子や陽子等の荷電粒子、プラズマで満たされた空間)であり、飛行している衛星が荷電粒子に起因した帯電・放電現象(Electro static discharge :ESD)、あるいは材料の劣化や絶縁破壊により誤作動や故障するという事故が発生している(1)。世界の衛星のロケット打ち上げ技術はほぼ完成の域にあるが、これに対して衛星が飛行中に宇宙環境の高エネルギー放射線による ESD に起因した事故により、設定された運用期間を待たずに運用を終了してしまう事例が報告されている。そこで、宇宙放射線環境において設定された運用期間、さらにはその期間を越えて長期間安定して動作することが出来る衛星の開発設計を行うことが研究課題になっている。そこで本研究は宇宙放射線環境における帯電現象解明の基礎研究を目的として、高エネルギーのプロトンを照射し絶縁体中に蓄積する課電粒子分布の計測を行う。

### 2. 方法

Ag-FEPを試料として用いた。厚さは全て125 $\mu\text{m}$ である。PIは人工衛星の熱制御材として、Ag-FEPは太陽光反射板(OSR)として用いられているものである。照射面には金属蒸着を施していない面を用いた。プロトン照射は真空下で行い、照射条件は加速電圧 2.5MV、電流密度 270nA、照射時間 180秒である。照射後にPEA法により空間電荷分布測定を行った(2)。さらに前述の試験後、加速電圧 2.5MeV、電流 270, 100, 50nAにて3種のフルエンスになるよう照射時間を調整し、プロトンのフルエンスとフラックスによる蓄積電荷への依存性を観察した。照射装置に日本原子力研究開発機構 3MV タンデム加速器を用いた。

### 3. 実験結果、および考察

#### 3-1. Ag-FEPの電荷分布信号について

前報までに、図1の測定結果に示すように、試料照射面と反対側の電極近傍試料内に正電荷が蓄積し、電極試料界面負の誘導電荷信号が観察されたと報告をしてきた。しかしながら、その後の再現性確認試験の結果、照射面の誘導電荷と思われていた信号が試料内

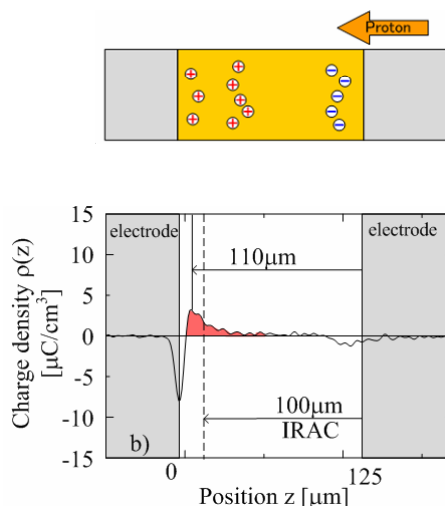


図1 前回報告の照射 Ag-FEP の空間電荷分布測定結果(2.5MV 照射時)

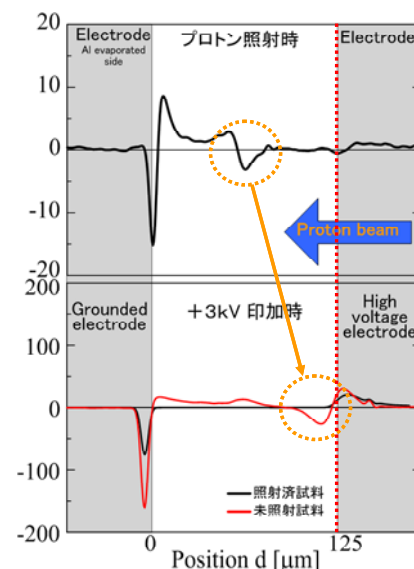


図2 プロトン照射 Ag-FEP への高電圧印加による界面確認実験結果

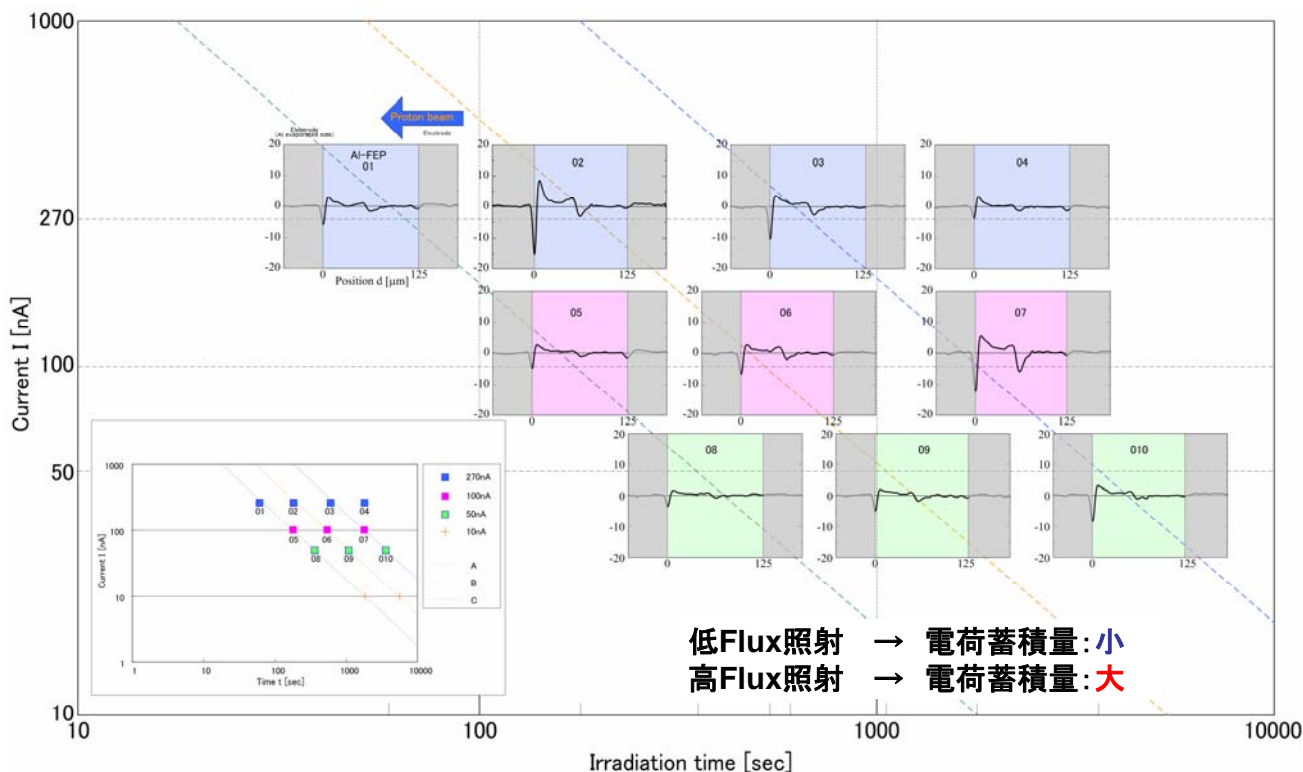


図3 プロトン照射 Ag-FEP におけるフラックス・フルエンス差による電荷分布

に蓄積した負電荷信号であることが判明した。試料の界面の確認を、プロトン照射 Ag-FEP 試料と未照射試料に直流高電圧+3kV を印加し、印加電圧による電極電荷信号を観察することにより行った。その結果を図 2 に示す。図中黒色の波形が未照射 Ag-FEP、赤色の波形が照射後に電圧を印加した際の電荷分布波形である。同図より、高電圧印加時の高電圧電極正電荷信号の位置が同じであることがわかる。よって誘導電荷信号であると思われた図 1 に示したプロトン照射後の電荷分布波形の右側に観察されていた負電荷信号は、図 2 上部に示したように試料中に蓄積した負電荷であることが判明した。

さらに、図 2 より、試料中の負電荷は電圧印加により高電圧電極近傍への移動が観察された。この結果より、試料中に蓄積した負電荷は比較的浅いトラップに捕獲されている電荷であると考えられる。

### 3-2.

図 2 にプロトン照射フラックスとフルエンスによる電荷分布を示す。同図より照射時間が増加すると蓄積電荷が増加していくことがわかる。図中破線は各電流における同フルエンスであることを示しているが、低フラックス照射では蓄積電荷量が少なく、高フラックス照射では蓄積電荷量が多くなることがわかる。270nA 照射時で照射時間 600 秒以降では蓄積電荷量が減少していることがわかる。プロトン照射時において高フラックス時には試料の温度が上昇する傾向があることがあり、今回の結果も試料の温度上昇により蓄積電荷量が緩和されたものと考えられる。

## 4. 引用(参照)文献等

- (1) H. C. Koons, J. E. Mazur, R. S. Selesnick, J. B. Blake, J. F. Fennell, J. L. Roeder and P. C. Anderson, “The Impact of the Space Environment on Space Systems”, Proceedings of the 6th Spacecraft Charging Technology Conference, Air Force Research Laboratory, pp. 7-11, 1998.
- (2) Tatsuo TAKADA, Hiroaki MIYAKE, and Yasuhiro TANAKA, “Pulse Acoustic Technology for Measurement of Charge Distribution in Dielectric Materials for Spacecraft”, IEEE NPSC Transactions on Plasma Science, Vol. 34, No. 5, pp.2176-2184, 2006.