

# 宇宙材料を対象とした二次電子放出係数測定装置の開発

九州工業大学大学院 工学府 電気電子工学専攻 博士前期課程 2年 豊田研究室 09349520 河野高範

## 1. 研究背景と目的

近年、静止軌道衛星の大型化と大電力化が進むにつれて帯電放電による不具合が生じている。これは磁気圏嵐により、高エネルギー電子が宇宙機に遭遇することと関連している。宇宙機自体は導体で作られているため大きく負に帯電するが、絶縁体である太陽電池のカバーガラスなどは導体よりも二次電子放出が多く、表面が導体よりも容易に正に帯電してしまうため、宇宙機との電位差が大きくなり放電が発生する。このような帯電放電による宇宙機事故を未然に防ぐため、九州工業大学宇宙環境技術研究センターと宇宙航空研究開発機構は衛星帯電解析ソフトウェアである「MUSCAT」を開発した。MUSCATは衛星表面の帯電電位を計算するため、導体や絶縁体の二次電子放出係数値を使用している。しかし、それらのデータはBOL(Beginning of Life)の状態を模擬したものであり、紫外線や原子状酸素などの過酷な宇宙環境により劣化したEOL(End of Life)の二次電子放出係数値はBOLの値とは異なると考えられる。衛星寿命中のより詳細な帯電状態を知るためにも劣化時の二次電子放出係数値を求めることが必要である。本研究では二次電子放出係数測定システムの開発を目的としており、その重要な要素となる全電子放出係数値を計測した。

## 2. 研究手法

物質に電子が衝突すると、主に二次電子と後方散乱電子が放出される。その2つの電子を合わせて全電子と呼ぶ。全電子放出係数の指標としては最大全電子放出係数値である $\sigma_{max}$ と、それに対応した電子ビームエネルギー値である $E_{max}$ がある。放出される各電子は全方位に飛散していくため全体を覆うような計測機器、本研究では測定コレクターと呼ぶ機器が必要である。全電子放出係数値は入射した電子と放出される電子の比によって求まるので、式(1)を用いて算出する。

$$\sigma = \frac{I_{emission}}{I_{incident}} = \frac{I_{collector}}{I_{collector} + I_{sample}} \quad (1)$$

また、導体、絶縁体サンプルのどちらでも計測できるよう図1のような回路を使用した。

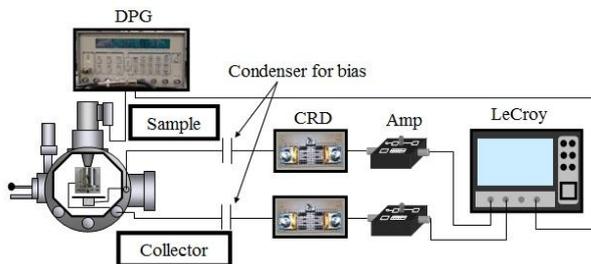


図1 全電子放出係数の測定回路

コレクターとサンプルに流れる電流を計測し、式(1)を用いて全電子放出係数値を算出した。導体の場合はプラズマによるクリーニングの後に測定し、絶縁体の場合は脱イオン水にてクリーニングを行う。また絶縁体に関しては照射位置を随時変更、かつ10 $\mu$ sのシングルパルス照射することで、帯電による測定値への影響を最小限に抑えている。

## 3. 試験結果

図2(a)にAuの全電子放出係数値における測定結果と参考文献値を、図2(b)にはカプトンフィルムの全電子放出係数値における測定結果と参考文献値を示す。

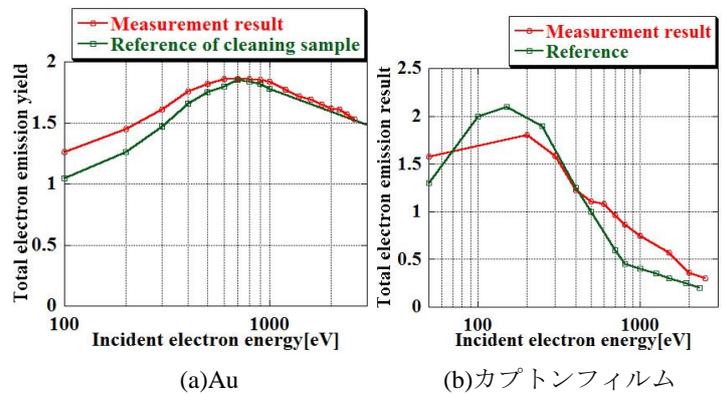


図2 全電子放出係数における測定値と参考文献値の比較

Auはほとんど参考文献値と同様な値を取得することができたが、カプトンフィルムは近いものの異なる値を取った。しかし、参考文献の結果は、同じ箇所でも電子ビームを照射していたため、帯電による影響を強く受けてしまっている。よって、(b)で示される値の方がより正確だと判断した。以上より全電子放出係数の測定装置並びに測定手法を開発した。それぞれの $\sigma_{max}$ と、 $E_{max}$ を以下に示す。

Au : ( $\sigma_{max}$ ,  $E_{max}$ ) = (1.83, 700eV)

カプトンフィルム : ( $\sigma_{max}$ ,  $E_{max}$ ) = (1.81, 200eV)

## 4. 今後の予定

本研究は二次電子放出係数の測定が目的であるため、後方散乱電子の測定が可能である測定コレクターの作製が必要である。また、絶縁体の測定の際には時間がかかってしまうため、より効率の良い測定方法が必要となるだろう。

-----実績-----

国内学会発表 : 3件 国際学会発表 : 1件

- ・ 第53回宇宙科学技術連合講演会 2009年11月
- ・ 日本航空宇宙学会西部支部講演会 2009年12月
- ・ 11<sup>th</sup> Spacecraft Charging Technology Conference 2010年9月
- ・ 第54回宇宙科学技術連合講演会 2010年11月