

衛星表面材料の光電子放出電流の測定の検討 Measurement of Photoelectron Emission Current from Satellite Surface Materials

仁田 工美¹、山納 康²、小林 信一²、三宅 弘晃³、伊藤 健二⁴

¹宇宙航空研究開発機構、〒182-8522 調布市深大寺東町 7-44-1

²埼玉大学、〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255

³東京都市大学、〒158-8557 世田谷区 玉堤 1-28-1

⁴放射光科学研究施設、〒305-0801 つくば市大穂 1-1

1 はじめに

宇宙環境には様々なエネルギー・密度・粒子種のイオンや電子（プラズマ）が、固有の空間や特定の時間に存在し、宇宙機（人工衛星・探査機）にさまざまな影響を与える。宇宙環境において長期間安定して人工衛星、探査機を運用するためには、軌道上で生ずる帯電・放電に関する設計の妥当性を検証する事が不可欠である。宇宙機帯電を評価する基本は、宇宙機に流出入する各荷電粒子の電流を計算し、宇宙機表面に生じる電位差を計算することである。この電流の流入と流出は様々な原因により生ずる。

本研究では宇宙機の帯電を検討する上で重要な材料パラメータの一つである光電子電流についての検討を行った。衛星表面に用いられるあらゆる材料についての、光照射による光電子電流の値を測定し、照射された光の光子数に対する放出される光電子数の割合である量子効率を求め、この値を基に太陽光スペクトル照射時の光電子数に換算を行い、帯電解析時の入力値としたいと考えた。

リファレンス材料として金を用いた測定結果による装置の校正状況や太陽電池のカバーガラスなどの絶縁物の測定に伴う帯電の問題など得られた成果の概要について紹介する。

2 実験

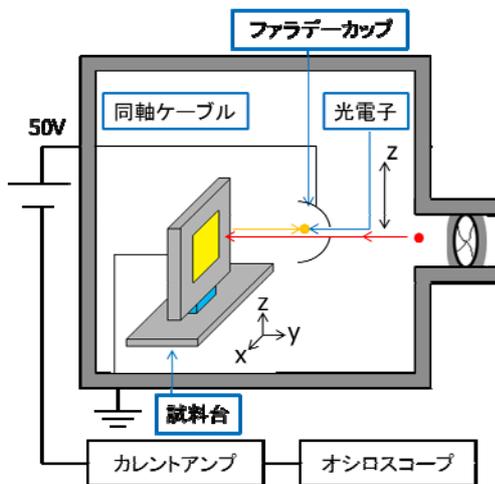


図1：実験の概要

図1に示すように、KEK ビームラインに真空チャンバーをゲートバルブ及び機械的なシャッターを介して設置し、チャンバー内には3軸制御可能な試料台と、光電子電流測定用のファラデーカップを装着した。放射波長範囲 50-240nm の波長の光を試料に照射し、光電子電流を測定し、照射された光の光子数に対する放出される光電子数の割合である量子効率を求めた。放出された電子の逆戻り、および装置内壁などで放出された電子の流入を避けるために、数V程度の負バイアスを試料台に印加した。放射光照射パターンは光を当て続ける連続光、シャッターで照射時間を30msにするパルス光の2通りで測定を行った。

3 結果および考察

量子効率の測定が妥当であったのかを検討するため、金の量子効率を用いて文献値と比較を行った。図2の横軸は光子エネルギー、縦軸は量子効率である。ここでエネルギー10eV（波長120nm）では実験値0.024、文献値0.02とほぼ一致し、10eV以上の測定は妥当であった。しかし、10eV以下では実験値が文献値と比べ2桁以上大きな値となっていた。照射光にはその半波長が10%程度含まれていることから、長波長領域（120nm以上）では、この影響が無

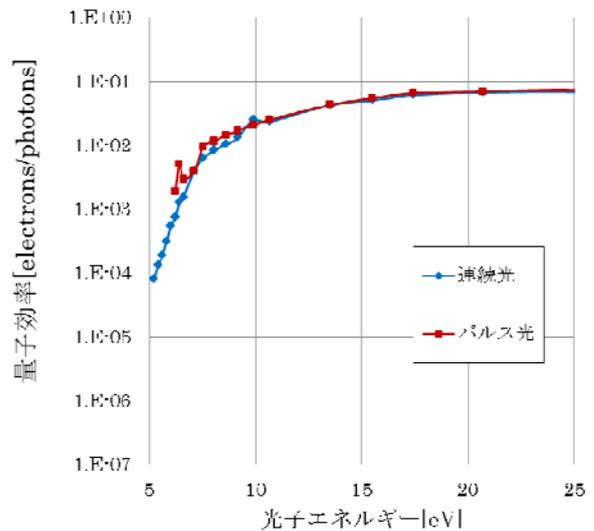


図2：金の量子効率

視できないことがわかった。長波長領域測定時には半波長の影響を防ぐフィルター等の設置が必要であると考えられる。

図2で示したように、連続光とパルス光での測定には差がないことがわかったため、パルス光を用いて、カバーガラスの光放出電流の測定を行った。その際、裏面の空隙により生じる静電容量の影響を検討するため、図3に示すようにカーボンテープをアルミ板との接着に用いた。図4に光放出電流値(測定単位 pA)を示す。テープが設置された場所と比較して、裏面に導電性のテープがない場合は、光電子電流値の値が二分の一以下となっていることがわかる。このことから、裏面の浮遊容量を小さくすることによって、放出した光電子が絶縁体に引き戻される作用を防ぐことができる可能性が高いことを示すことができた。

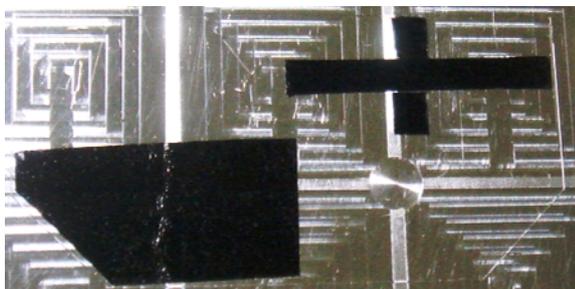


図3：カバーガラス裏面に導電性カーボンテープを装着した様子

670	600	526	645	1220	550
645	606	546	1200	1220	1246
600	566	500	490	1230	476
1240	1270	1270			
1115	1125	1110	480	510	485
	1090	1110			
	1120	1120			

図4：カバーガラスからの光電子電流値 [pA]

4 まとめ

衛星表面材料の光電子放出係数測定のための測定方法の検討を行い、以下の結果を得た。

1. 今回の測定手法では、連続光とパルス光によって、金属の光電子電流値に違いは生じず、測定系の有効性が確かめられた。
2. 絶縁物の測定では、試料裏面の浮遊容量を小さくすることが、試料表面への光電子の戻りを防ぎ、正確な測定を行うのに重要であることが分かった。

謝辞

本研究を行うにあたり、PFスタッフの方々並びに東京工業大学小田切助教、北島准教授には大変お世話になりました。ここに感謝致します。

参考文献

- [1]Tateo Goka, "JAXA Space Environment Measurement: Overview & Plan," 9th Spacecraft Charging Technology Conference, Aug. 2005, pp. 30-35.
- [2]T. Muranaka et al., "Development of Multi-Utility Spacecraft Charging Analysis Tool (MUSCAT)," IEEE Transactions on Plasma Science Volume 36, Issue 5, Part 2, Oct. 2008 pp. 2336-2349.
- [3]V. Viel and R. Reulet, "Irradiation Facilities and Test Space Technology Course, Space Environment: Prevention of risks related to spacecraft charging," CEPADUES Editions, ISBN 2 85428 579 4, pp. 285-315, April 2002.
- [4]K. Nitta, E. Miyazaki, and M. Takahashi, "Current Status and Future Plan for Material Property Measurements Related to Engineering Design Optimization Guidelines and Spacecraft Charging at JAXA," 11thISMSE, 2009
- [5]B. Feuerbacher and B. Fitton, "Experimental Investigation of Photoemission from Satellite Surface Materials," J. Appl. Phys., Vol. 43, No.4, pp. 1563-1572, April 1972.
- [6]K. Ito, Y. Morioka, M. Ukai, and T. Hayashi, "A High-flux 3-M Normal Incidence Monochromator at Beamline 20A of the Photon Factory," Rev. Sci Instrum., Vol. 66, No.2, February 1995, pp. 2119-2121.
- [7]B. Feuerbacher and B. Fitton, "Experimental Investigation of Photoemission from Satellite Surface Materials," J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 4, April 1972, pp. 1563-350.
- [8]J. G. Timsthy, "The solar spectrum between 300 and 1200 A", Colord Assoc. Univ. press, 1977, ed by O. R. White, Table 1.
- [9]D. F. Heath and M. P. Thekaekara, "The solar spectrum between 1200 and 3000 A", Colord Assoc. Univ. press, 1977, ed by O. R. White, Table 2.

* nitta.kumi@jaxa.jp