

GPM/DPR プロジェクトで使用される 熱制御材料の光電子放出電流の測定

岡野 拓哉, 山納 康, 小林 信一 (埼玉大学)
仁田 工美 (JAXA)

Measurement of photoemission current of materials used for thermal control of a GPM/DPR project's satellite

Takuya Okano, Yasushi Yamano, Shinichi Kobayashi (Saitama University)
Kumi Nitta (JAXA)

Some kinds of paint-type coating materials are used as a thermal control material for the dual-frequency precipitation radar of the GPM core satellite. It is necessary to survey the characteristics of the thermal or optical properties and mechanical properties, electrical properties about them. However, there is a few data for electrical properties, in particular, the photoelectron emission characteristic in Japan. This report describes results of measurement of the photoemission current from the paint-type coating materials excited by ultraviolet-light.

The used coating samples were seven kinds of white coating materials (inorganic conductive, inorganic nonconductive, silicon based conductive, silicon based nonconductive) which are used for the antenna portion of DPR. The following measurement results were obtained. Photoemission currents value of silicon based samples were smaller than those of inorganic samples. Photoemission sites on inorganic conductive samples were distributed into active area and inactive area. Photoemission currents value of conductive samples were larger than those of nonconductive samples except for AZ-93 (inorganic nonconductive sample).

キーワード：放出型電子顕微鏡、光電子放出、電子電流

Keywords: Electron emission microscope, Photoelectron emission, electron current

1. まえがき

GPM (全球降水観測計画) 主衛星に搭載される二周波降水レーダ (DPR) で熱制御材料として白色系塗料が採用される予定になっている。そのため、白色系塗料の熱特性・光学特性・機械的特性・電気的特性などの特性評価を行う必要が生じている。しかし、光電子放出特性などの電気的特性は国内では未評価のため実験データの蓄積が必要とされる。本報告では白色系塗料について紫外線照射時の光電子放出電流を測定した結果について述べる。

2. 実験装置および実験方法

図1に、今回使用した放出型電子顕微鏡が装備された実験装置の概略図を示す。実験用真空容器内の圧力はイオンポンプにより常に 10^{-6} Paに維持されている。試料台は、真空容器外部に設けられたパルスモータにより放出型電子顕微鏡の対物レンズ前面を走査することができるようになっており、試料表面上の電子放出点の拡大像を観測しながら

ら電子放出点の分布を調べることができる。また、蛍光板を動作させる高電圧電源と接地の間には電流計が接続されており、蛍光板に入射する電子電流を測定することができる。この電子電流を測定しながら、試料を走査することにより、試料表面の電子放出特性の分布を調べることが可能である。

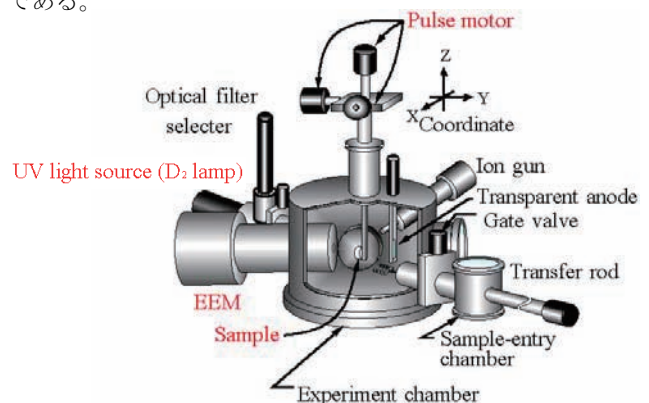


図1 実験装置概略図

図2に、放出型電子顕微鏡の概略図を示す。この顕微鏡は、文献^{(1),(2)}に基づき当研究室で設計し製作したものである。図に示されるように、本顕微鏡は三つのユニポテンシャルレンズ、MCP、および蛍光板からなる。試料の電子放出点は、試料と対物レンズの孔とで構成される界浸レンズにより対物レンズ内に結像し、その像を後段のレンズで拡大し、MCP上に結像させる。MCPで電子増倍の後蛍光板に投影された像を真空容器外部からビデオカメラにより観測する。

真空紫外光源は 浜松ホトニクス L1835 出力 150Wを用いており、波長 400nm以下のUV域に連続スペクトルを有している。真空紫外光は、光源から放射される光の発散を軽減するためにLiF製のレンズによりビーム化した後、顕微鏡の対物レンズに設けられた孔を通して、試料に照射される。真空紫外光源には、MgF₂の窓が用いられており、また、光路にLiFのレンズが使用されていることから、照射光のエネルギーの最大値は約 10.8eVである。この光路中には光学フィルターも設けられており、照射（波長）エネルギーを選択することができる。今回の実験ではフィルターを用いていないので、10.8eV以下のスペクトルの光が試料に入射している。

今回使用した試料を表1に示す。試料はそれぞれ非導電性と導電性、無機系とSi系に分かれている。これらの試料は、それぞれ図3に示すように40mm角のアルミニウム基板上に白色系塗料として塗装されている。この大きさでは実験装置に導入することが不可能であるため図に示すように切断しサンプルAとサンプルBを取り出し、AとBそれぞれで実験を行い、その平均を実験結果としている。ただし、AZシリーズの試料は、本実験を行ってから紫外線照射後の表面抵抗率と体積抵抗率の測定を行うといった都合上、図のように中央の25mm角の部分を実験装置に導入し、それをサンプルとして使用する。これらの試料はそれぞれ図に示すように背後電極上にカーボンテープと導電性の接着剤を用いて固定し使用している。

次に、実験の手順について示す。測定する場所は、図4のように試料の白色系塗料塗装部分の6mm角の部分である。放出型電子顕微鏡の三つのユニポテンシャルレンズには試料表面を約250倍に拡大することができるような電圧がそれぞれ印加されており、蛍光板上には試料表面の0.12mmの部分の像が投影されている。試料を0.2mmステップでx-z方向にラスタースキャンしながら蛍光板に接続されている微小電流計によってそれぞれのサンプルで電流値の測定を行い、実験結果とする。

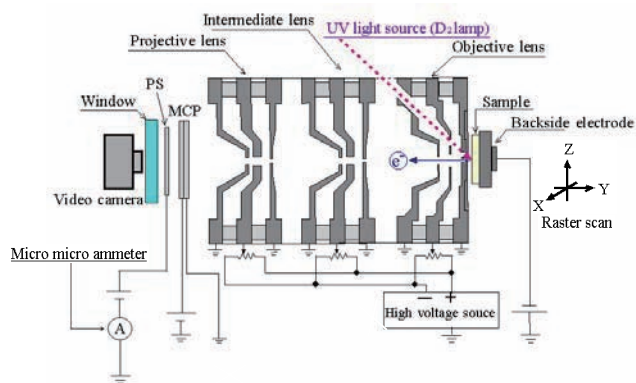


図2 放出型電子顕微鏡概略図

表1 実験で使用した試料

| 名称 | 導電性 | 特徴 |
|---------|-----|---------|
| Z-93P | 非導電 | 無機系白色塗料 |
| AZ-93 | | |
| S13G | | Si系白色塗料 |
| Z-93C | 導電 | 無機系白色塗料 |
| AZ-2000 | | |
| AZ-2100 | | |
| DS13N | | Si系白色塗料 |

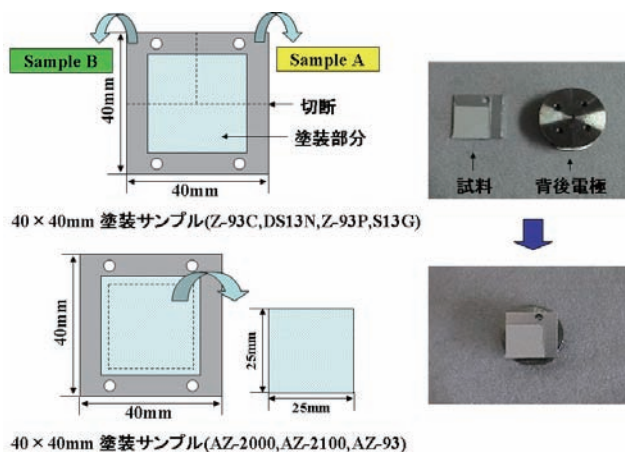


図3 試料の概略図

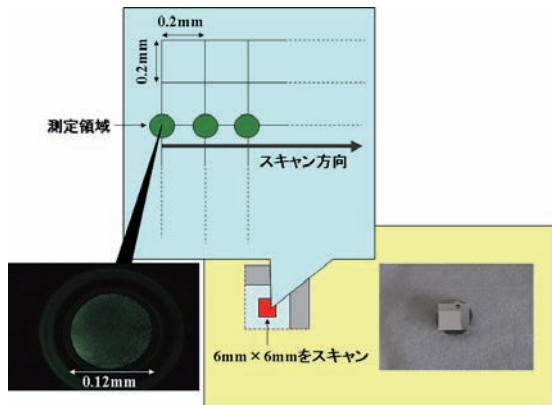
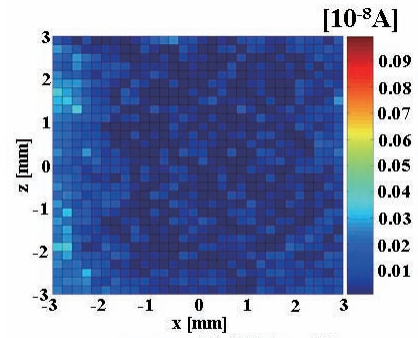


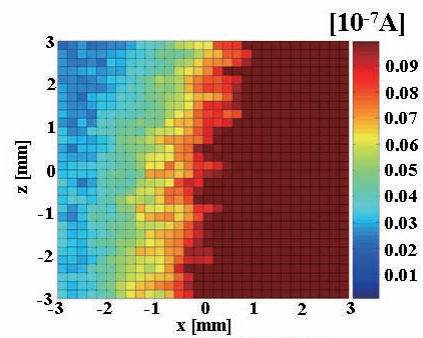
図4 測定範囲

3. 実験結果

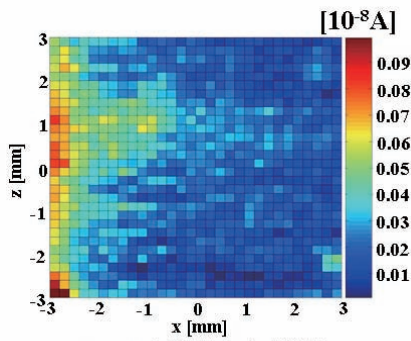
各試料の光電子電流の分布を表したものが図5である。横軸がx方向、縦軸がz方向である。各セルの色により電流値の大小を表している。また、測定した電流値の最大値、最小値、平均値、標準偏差を試料ごとにまとめたものを表2に示す。



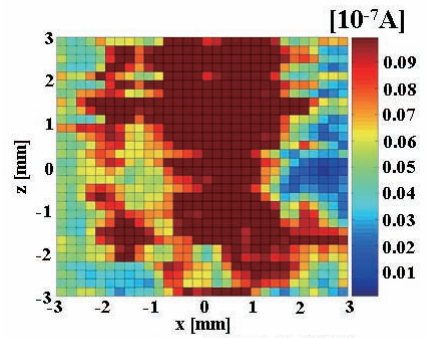
(c)S13G(非導電・Si系)



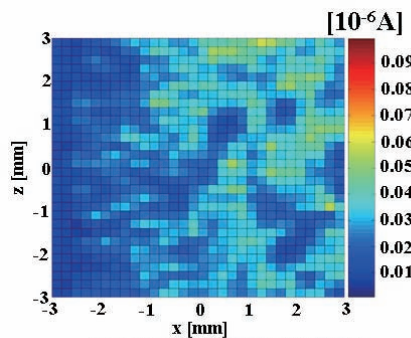
(d)Z-93C(導電・無機系)



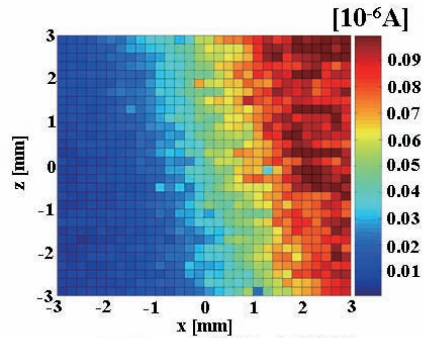
(a)Z-93P(非導電・無機系)



(e)AZ-2100(導電・無機系)



(b)AZ-93(非導電・無機系)



(f)AZ-2000(導電・無機系)

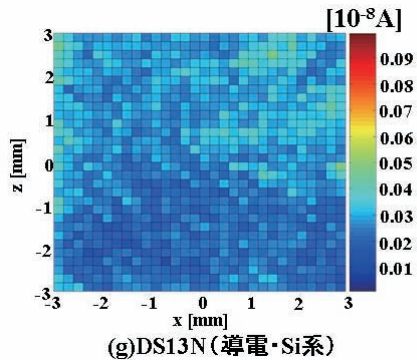


図5 各試料における電子電流値の分布

表2 各試料における電子電流の測定値

| 名称 | 導電性 | 特徴 | 最大値 [nA] | 最小値 [nA] | 平均値 [nA] | 標準偏差 [nA] |
|---------|-----|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Z-93P | 非導電 | 無機系 | 1.17 | 0 | 0.162 | 0.1592 |
| AZ-93 | | | 59.3 | 6.24 | 26.4 | 10.16 |
| S13G | | Si系 | 0.359 | 0 | 0.070 | 0.0774 |
| Z-93C | 導電 | 無機系 | 24.9 | 2.05 | 20.6 | 6.110 |
| AZ-2000 | | | 118 | 3.48 | 47.9 | 32.11 |
| AZ-2100 | | | 20.3 | 0.525 | 8.28 | 4.019 |
| DS13N | | Si系 | 0.473 | 0.104 | 0.334 | 0.0555 |

図5 (c)、(g)と表2より、Si系の試料は導電・非導電にかかわらず測定された電流が非常に小さいことが確認された。また、図5 (d)、(e)、(f)と表2より、導電性の無機系試料であるZ-93C、AZ-2000、AZ-2100は標準偏差の値が大きくなっており、電子が放出しやすい場所とにくい場所があるのではないかと考えられる。ただし、AZ-93だけは例外的に標準偏差の値が大きくなっている。また、表2より、導電性の試料のほうが非導電性の試料より電流値が大きく測定されていることが確認される(非導電性試料であるAZ-93を除く)。

今回の測定で図5の(d)や(f)のように、あるxの値を境にして電流値が大幅に変化している場所が存在しているのは注意すべきところであると考えられる。これが試料のもつ特性によるものなのか(塗りむらが生じやすい、凹凸が生じやすい等)、あるいは測定上の人為的なミス(試料をカットする際に試料を曲げてしまった、あるいは背後電極に試料を固定する際に誤ってわずかに角度をつけて固定してしまった、試料と背後電極との間の導電性が十分に確保されていなかった等)によるものなのかを確認する必要があるのではないかと考えられる。

4. まとめ

- Si系試料(S13G、DS13N)の光電子電流値は、無機系試料(Z93P、AZ-93、Z-93C、AZ-2000、AZ-2100)の光電子電流値よりも小さい
- 導電性の無機系試料(Z-93C、AZ-2000、AZ-2100)は光電子を放出しやすい場所とにくい場所の差が大きい
- 非導電性試料よりも導電性試料のほうが、非導電性試料AZ-93を除いて、光電子電流が大きく測定された

文献

- (1)A. D. Archer, "Spectroscopic Studies of Field-Induced Electron Emission from Isolated Microstructures", PhD Thesis, Aston University, 1992
 (2)Rod V Latham, "High Voltage Vacuum Insulation ; Basic Concepts and Technological Practice", pp.82-84, Academic Press, London, 1995