

宇宙用太陽電池におけるポッケルス効果を用いた表面電位測定

193D5002 古瀬 清郁 指導教員：豊田和弘准教授

1 はじめに

人工衛星の帯電・放電試験において宇宙環境の模擬には、紫外線ランプや電子銃が用いられることが多いが、このとき、放電電圧閾値は紫外線の方が電子銃よりも数 kV の低いことが先行研究により報告されている。これは、宇宙機本体とカバーガラス間に電位差によって、カバーガラス端に生じる電界が原因であると推測される。本研究では、カバーガラス端における電界が与える帯電への影響を測定するために、従来の表面電位プローブ法よりも、高精度・高分解能であるポッケルス効果を用いた表面電位測定法を行う。ポッケルス効果とは、ポッケルス素子を透過した光が、ポッケルス素子に印加した電圧に比例した位相差を生じる光電効果の一種であり、偏光板を配置することで位相変調を光強度変調に変換することが可能である。つまり、光強度変調の測定によりポッケルス素子の表面電位の測定が可能である。

2 帯電試験と校正試験

図1にポッケルス効果を用いた表面電位測定法の構造図を示す。真空チャンバー内に配置されたポッケルス素子に照射される。このポッケルス素子(10mm×5mm、厚さ0.2mm)は、ITO透明電極が塗布されたガラス板にカプトンテープで固定されており、外部から負のバイアスが印加されている。宇宙用太陽電池のトリプルジャンクションを再現しているため、ポッケルス素子の帯電観測はカバーガラスの帯電観測と等価であると考えられる。

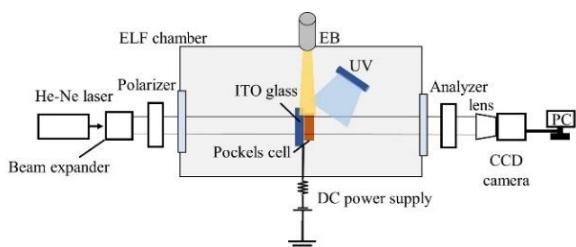


図1 ポッケルス効果による計測システム

3 実験結果

校正試験によって導出した電圧—光強度校正曲線を用いて、各帯電試験結果を表面電位分布へと変換した結果を図2と図3に示す。

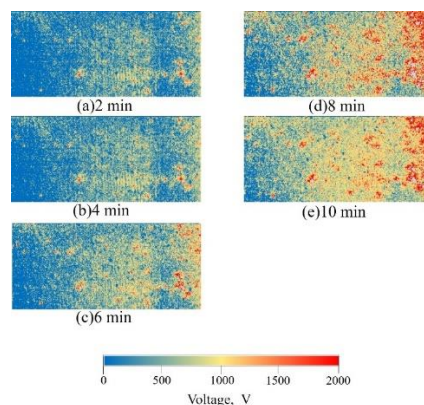


図2 紫外線照射による表面電位分布推移

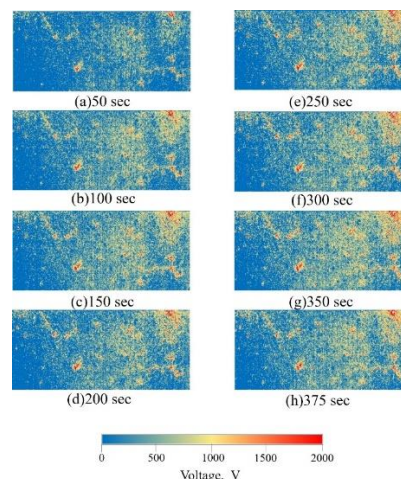


図3 電子銃照射による表面電位分布推移

これらの結果から、紫外線は全体的に帯電するのに対して電子銃は端まで帯電しきれていない様子がわかる。

4 まとめと今後の展望

本研究により、電圧—光強度校正曲線を用いて光強度画像を2次元表面電位分布へと変換することでカバーガラス端での帯電の様子を視覚的に観測することができた。その結果、紫外線はカバーガラス全体が帯電するのに対し、電子銃はカバーガラス端までは帯電していないことがわかった。また、今後の展望として、以下の作業を行う必要がある。

- ポッケルスの固定法の検討
- 表面電位計を併用したより正確な校正試験
- プラズマを用いた帯電試験

Surface potential measurement using the Pockels effect in space solar cells

193D5002 Sayaka KOSE Supervisor : Prof. Kazuhiro TOYODA

1 Back ground

In the charge/discharge test of artificial satellites, the ultraviolet lamps and electron beam are often used to simulate the space environment. Then the discharge voltage threshold of UV is several kV lower than that of EB. Reported by research. It is presumed that this is due to the electric field generated at the edge of the cover glass due to the potential difference between the spacecraft body and the cover glass. In this research, in order to measure the effect of the electric field on the charging at the edge of the cover glass, a surface potential measurement method using the Pockels effect, which has higher accuracy and resolution than the conventional surface potential probe method, is performed. The Pockels effect is a kind of photoelectric effect in which light transmitted through a Pockels element produces a phase difference proportional to the voltage applied to the Pockels element. By arranging a polarizing plate, phase modulation is converted into light intensity modulation. That is, it is possible to measure the surface potential of the Pockels cell by measuring the light intensity modulation.

2 Charging test and calibration test

Fig. 1 shows the structural diagram of the surface potential measurement method using the Pockels effect. The Pockels cell arranged in the vacuum chamber is irradiated. This Pockels element (10 mm × 5 mm, thickness 0.2 mm) is fixed to a glass plate coated with ITO transparent electrode with Kapton tape, and a negative bias is applied from the outside. Since the triple junction of the solar cell for space is reproduced, the charging observation of the Pockels cell can be regarded as equivalent to the charging observation of the cover glass.

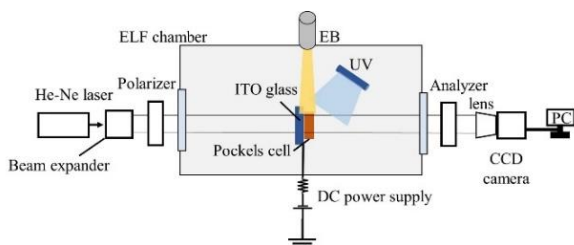


Fig. 1 Pockels effect measurement system

3 Results

Fig. 2 and Fig. 3 show the results of converting each charging test result into a surface potential distribution using the voltage-light intensity calibration curve derived by the calibration test.

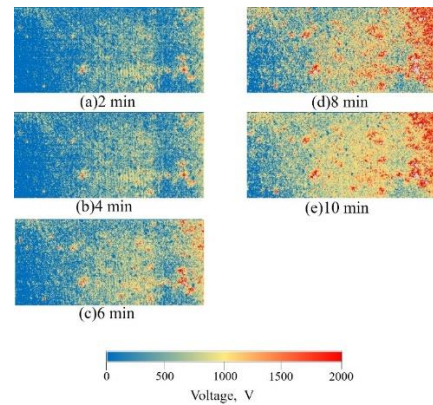


Fig. 2 Transition of surface potential distribution by UV irradiation

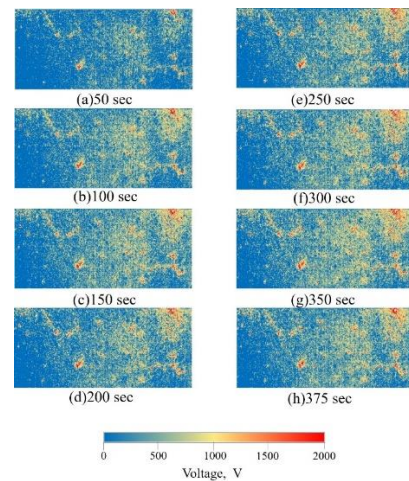


Fig. 3 Transition of surface potential distribution by EB irradiation

From these results, with UV case, the entire cover glass are charged, whereas with EB case it is not charged up to the edge of the cover glass.

4 Summary and future tasks

In this research, we were able to visually observe the state of charging at the edge of the cover glass by converting the light intensity image into a two-dimensional surface potential distribution using the voltage-light intensity calibration curve. As a result, it was found that with UV case the entire cover glass was charged, whereas with EB case was not charged up to the edge of the cover glass. In addition, as a future task, it is necessary to carry out the following work.

- Examination of Pockels fixing method
- More accurate calibration test using a surface electrometer
- Charging test using plasma

目次

	謝辞.....	58
	第 8 章 付録.....	59
第 1 章 序論.....		1
1.1 研究背景.....		1
1.2 太陽電池構造.....		2
1.3 宇宙環境.....		3
1.4 帯電現象.....		4
1.4.1 光電効果による帯電.....		4
1.4.2 二次電子放出による帯電.....		6
1.5 放電現象.....		7
1.5.1 一次放電.....		7
1.5.2 放電電圧閾値.....		9
1.6 研究状況.....		10
1.7 研究目的.....		11
第 2 章 実験手法.....		12
2.1 表面電位測定システムの構築.....		12
2.1.1 偏光.....		12
2.1.2 ポッケルス効果.....		13
2.1.3 光強度変調への変換.....		14
2.1.4 旋光性.....		17
2.1.5 表面電位測定手法.....		18
2.2 実験サンプル.....		20
2.3 実験システム.....		21
2.3.1 実験装置.....		21
2.3.2 実験概要.....		29
第 3 章 実験結果.....		36
3.1 大気中での動作確認試験結果.....		36
3.2 真空中での動作確認試験結果.....		37
3.3 紫外線照射による帯電試験結果.....		38
3.4 紫外線照射による帯電校正試験結果.....		39
3.5 電子銃照射による帯電試験結果.....		41
第 4 章 考察.....		43
4.1 帯電の観測.....		43
4.2 帯電法の違いによる比較.....		46
4.3 電圧-光強度校正曲線.....		47
4.4 放電電圧閾値.....		55
第 5 章 結論.....		56
第 6 章 今後の展望.....		56
第 7 章 参考文献.....		57