

題目：宇宙用太陽電池パネル上のパルス状の二次放電に試験回路が与える影響に関する研究

学生番号：193D5004 氏名：中島菜月 指導教員名：豊田和弘

1. 研究背景

近年の世界的な宇宙開発の発展により宇宙で行われるミッションは多様化している。打ち上げ前に太陽電池パネルの地上試験を行うことは重要であり、宇宙用太陽電池パネルの改良が進められている。

2017年に行われた宇宙用太陽電池パネルの放電試験にて、図 1.1 のように持続放電がパルス状になっているものが観測された。

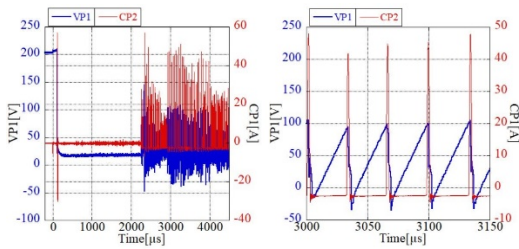


図 1.1 パルス状の持続放電(右は拡大図)

パルス状の持続放電が起こった原因は太陽電池パネルと試験回路をつなぐケーブルの長さであると考えられる。そのため、配線上のインダクタンスを変化させたときの放電波形について解析することで、この放電が起こった原因について確認することを目的としている。

2. 試験方法

本研究では、LaSEINEにあるPEOチャンバーと呼ばれる宇宙環境を模擬できる真空装置を使用して実験を行った。

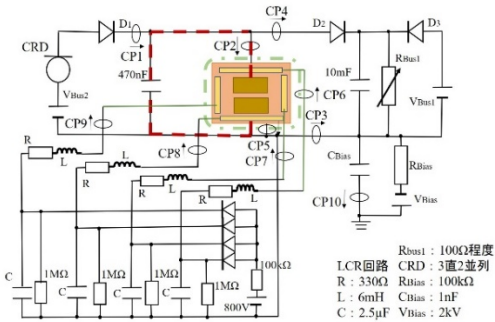


図 2.1 使用する試験回路

図 2.1 の赤点線部のケーブルのインダクタンスの値を変更するため、コンデンサを外部と内部のそれぞれに設置した場合に関して、3m、3.5m、4m と 1m、1.5m、2m のケーブルを用意した。

今回の実験では、通常の試験回路に放電を起こしやすくするために沿面放電用の補助回路を挿入している。

3. 試験結果

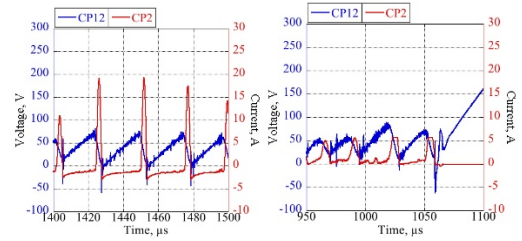
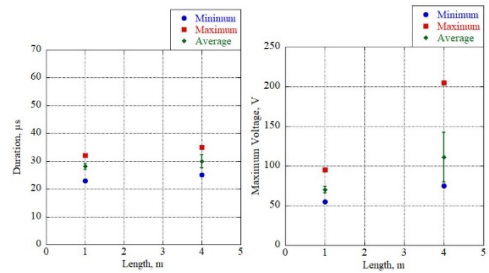
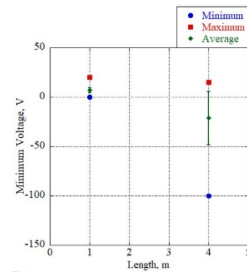


図 3.1 1m と 4m のときのパルス状の 2 次放電の放電波形(左：1m、右：4m)



(a)放電周期 (b)最大電圧



(c)最小電圧

図 3.3 4m と 1m のときの結果の比較

4. 考察

試験結果より、インダクタンスが小さいほうがパルス状の 2 次放電の放電波形の電圧差は小さくなることが分かった。しかし、ケーブルの長さに対して、予測ほど大きな変化は見られず、データのばらつきも目立った。

今回取得した電圧波形は、図 1.1 のような実際のパネルを使用した場合と同じような波形になった。放電時間は本研究のものの方が長くなったが、材質が異なるため電荷の流れるスピードが変化したためだと考えられる。

5. まとめ

今回の条件では、どの場合でもパルス状の 2 次放電が起こる事が分かった。また、ケーブル長に対してパルス状の放電の周期や電圧差が変わると予測していたが、大きな変化は見られなかった。取得できた波形数が少ないと感じたため、データ数を増やすことが課題である。

1. Research background

Due to the recent advancement of global space technologies, the missions carried out in space are diversifying. It is important to conduct ground tests of solar cell before launch, and continuous improvements are being made to solar cells used in space.

In the discharge test of the space solar cell conducted in 2017, pulsed sustained discharge was observed as shown in Fig. 1.1.

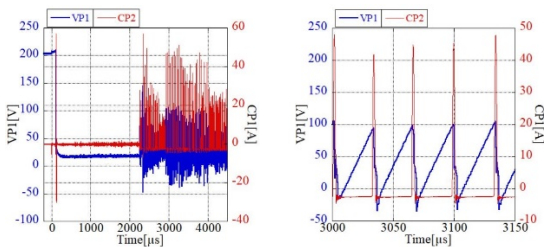


Fig. 1.1 Pulsed sustained discharge (the right is enlarged view)

It is considered that the cause of the pulsed sustained discharge is the length of the cable connecting the solar cell and the test circuit. Therefore, the purpose of this research is to confirm the cause of this discharge by analyzing the discharge waveform when the inductance on the wiring is changed.

2. Test method

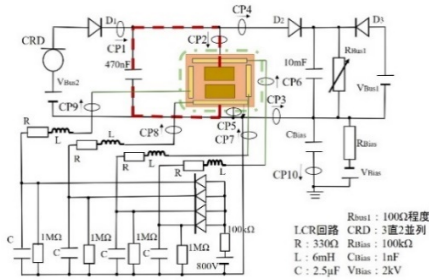


Fig. 2.1 test circuit

In order to change the value of the inductance of the cable as shown by the red dotted lines in Fig. 2.1, the cables were prepared to measure in conditions when the capacitors were placed outside and inside.

In this experiment, an auxiliary circuit for creeping discharge was inserted in the normal test circuit to make it easier for discharge to occur.

3. Test result

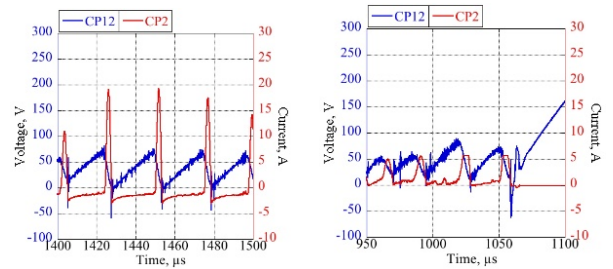
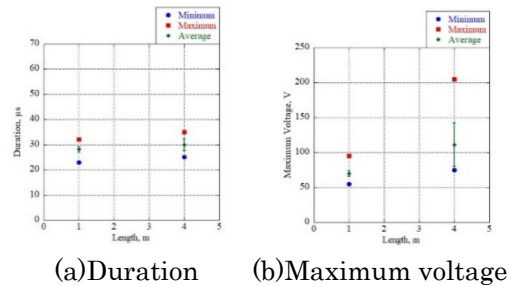
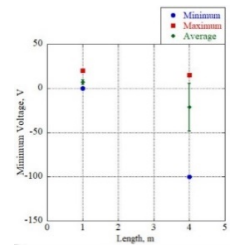


Figure 3.1 waveform of pulsed secondary discharge (left: 1m, right: 4m)



(a)Duration (b)Maximum voltage



(c)Minimum voltage

Figure 3.3 Comparison between 4m and 1m

4. Consideration

From the test results, it was found that the smaller the inductance, the smaller the voltage difference in the discharge waveform of the pulsed discharge. However, large data variability was not noticed.

The voltage waveform acquired this time was the same as when the actual cell was used as shown in Fig. 1.1. The discharge time was longer in this study, but it is presumed that this is because the speed at which the charge flows changed due to the different materials.

5. Summary

In this study, a pulsed secondary discharge was tested for various cases. In addition, it was predicted that the pulsed discharge cycle and voltage difference would change with respect to the cable length, but no significant change was observed.

目次

第1章 序論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 宇宙開発.....	1
1.1.2 宇宙上での放電現象.....	2
(a) 1次放電.....	2
(b) 2次放電.....	4
1.1.3 パルス状の持続放電.....	5
1.2 研究動向.....	5
1.3 目的.....	6
第2章 実験機器.....	8
2.1 極軌道帯電環境模擬試験装置(PEO チャンバ).....	8
2.2 使用した安定化電源.....	9
2.3 使用した電流・電圧プローブ.....	12
2.4 オシロスコープ.....	15
2.5 Quick_Look.....	16
2.6 インピーダンスアナライザ.....	16
2.7 顕微鏡.....	17
第3章 実験手法.....	19
3.1 実験準備.....	21
3.1.1 模擬クーポンの作成.....	21
3.1.2 ケーブルのインダクタンス測定.....	22
3.1.3 試験回路.....	23
3.1.4 チャンバーを真空に引く.....	24
3.2 実験中.....	24
3.2.1 オシロスコープと Quick_Look のデータ取得を開始する.....	24

3.2.2	各電源のスイッチを入れる.....	24
3.2.3	紫外線ランプ.....	24
3.2.4	放電発生.....	25
3.3	実験後.....	26
3.3.1	放電波形のテキストデータの取得.....	26
3.3.2	放電波形をグラフにする.....	26
第4章	実験結果、考察.....	27
4.1	コンデンサをチャンバーの外部に出した場合の結果.....	27
4.1.1	ケーブルの長さが3mのとき.....	27
4.1.2	ケーブルの長さが3.5mのとき.....	27
4.1.3	ケーブルの長さが4mのとき.....	28
4.1.4	コンデンサを外部に出した場合の考察.....	29
4.2	コンデンサをチャンバーの内部に入れた場合の結果.....	31
4.2.1	ケーブルの長さが1mのとき.....	32
4.2.2	ケーブルの長さが1.5mのとき.....	33
4.2.3	ケーブルの長さが2mのとき.....	34
4.2.4	コンデンサを内部に入れた場合の考察.....	35
4.3	コンデンサを内部に入れた場合にケーブル長を長くした場合の結果.....	39
4.3.1	ケーブルの長さが3.5mのとき.....	40
4.3.2	ケーブルの長さが4mのとき.....	40
4.3.3	コンデンサを内部に入れ、ケーブルの長さを長くした場合の考察.....	41
4.4	表面電極型沿面放電模擬回路を除いた場合の放電結果.....	44
4.4.1	ケーブルの長さが3.5mのとき.....	45
4.4.2	ケーブルの長さが4mのとき.....	45
4.4.3	表面電極型沿面放電模擬回路を除いた場合の考察.....	46
4.5	パルス状の2次放電の放電波形.....	49
第5章	総括.....	53

5.1 結論	53
5.2 今後の課題.....	53
参考文献	54
謝辞.....	56
付録.....	57
模擬クーポン作成手順	57
インピーダンスアナライザでの測定手順	59
1. 主電源を入れる。	59
2. 波形を取得する。	59
3. どのようなデータが必要か選択する。	60
4. データを確認する。	62
5. データをリセットする。	63
6. 主電源を落とす。	63