

Traveling wave irradiation experiment to solar array

Akio Ikeda, Mengu Cho (Kyushu Institute of Technology)

Tatsuhito Fujita, Yasumasa Hisada (JAXA)

Department of Electrical Engineering, Kyushu Institute of Technology

1-1 Sensui Tobata-ku Kitakyushu 804-8550, Japan

Phone: +81-91-884-3229

Fax: +81-91-884-3229

g346406a@tobata.isc.kyutech.ac.jp

Abstract

SSPS transmits power to Ground by using 5.8GHz microwave. This microwave has the possibility to cause discharge on solar arrays of SSPS by leaks and diffractions. Satellites that pass under SSPS also have the same possibility, because they are momentarily irradiated by the microwave. Therefore, we carried out experiment to irradiate solar cells with the microwave, and analyze the discharge occurrence. We used 20mm x 40mm solar cells and 35mm x 70mm solar cells in the experiment, and used a microwave of 400W(max). Discharges occurred only with the 20mm x 40mm solar cell, and the 35mm x 70mm solar cell had no discharges even for the 400W irradiation.

In conventional experiment environment, the microwave is reflected by the vacuum chamber. We thought that the microwave becomes the standing wave. However the microwave becomes traveling wave because the microwave will not reflect in real space. We have to consider the experiment result is a particular case. Therefore we changed the arrangement of the experimental device to make traveling wave environment. In traveling wave environment, we carried out experiment of microwave irradiation to the discharged 20mm x 40mm solar cells. At 200W irradiation, a discharge occurred on the solar cells. The discharge can occur on the solar cells in both traveling wave and standing wave environment when high intensity microwave is irradiated. However, this discharge depends on the cell size of solar cell. It is thought that we can prevent the discharge by choosing proper solar cell.

太陽電池アレイへの進行波照射実験

○池田顕夫、趙孟佑(九工大)、藤田辰人、久田安正(JAXA)

1 緒言

Space Solar Power System (以下SSPS)では静止軌道上の巨大な発電衛星から地上のレクテナへマイクロ波を用いて電力伝送を行う。地上への電力伝送に 5.8GHzのマイクロ波を使用することが考えられている。SSPSで使用するマイクロ波は通信で使用されるものと比較して非常に高強度となる。そのためマイクロ波が漏洩、回折した際に放電を引き起こしSSPSの機器や太陽電池を劣化および故障させる可能性がある。また、SSPSの下を通過する衛星にも瞬間的ではあるがマイクロ波が照射されるため、放電が起きる可能性がある。想定される放電としてはRFガス放電とマルチパクター放電^[1]が考えられる。

我々は 20mm×40mmと 35mm×70mmのサイズの異なる 2 種類の太陽電池のサンプルに真空環境下でマイクロ波を照射し放電発生の有無を調べてきた。セルサイズが 20mm×40mmのサンプルではエネルギー密度 200[W/m²]程度で、太陽電池の電極およびインターコネクタ周辺で放電が発生した。しかし、35mm×70mmのサンプルでは 20mm×40mmのサンプルで放電を確認したマイクロ波の出力の倍以上を加えても放電は発生しなかった。^[2]このことからマイクロ波照射によって起きる放電現象は太陽電池セルの大きさに起因するのではないかと考えられる。更に放電が太陽電池セルの電極周辺で起きていたことから太陽電池の電極に着目し、実験を行ってきた。太陽電池上で発生する放電は高強度マイクロ波照射により電極周辺の電界が局所的に高まり、電極近傍の材料(太陽電池-カバーガラス間の接着剤)の温度を上昇させてガス化を促進し、このガスが衝突電離をおこすことによって放電に至ると考えられる。^[3]

2 進行波環境の構築

今までの実験環境を図 1 に示す。この実験環境では真空チャンバーの端で入射したマイクロ波が反射してしまう。反射したマイクロ波は反対側でもさらに反射するため、真空チャンバー内でマイクロ波は定在波となってしまふ。しかし SSPS において、マイクロ波照射面より下にマイクロ波を反射させてしまふものがないため実際には定在波とはならず、進行波となると考えられる。今まで行ってきた実験で放電が発生していたが、この放電現象が実験環境(定在波)特有のものであった可能性がある。そのため進行波環境で放電の起きていたセルサイズ 20×40mm の太陽電池アレイに高強度マイクロ波を照射し、放電の検証をする必要があると考えた。

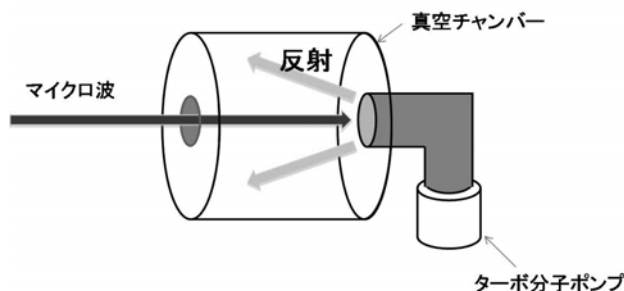


図 1 今までの実験環境 (定在波)

図 1 に示した従来の実験環境から図 2(a)のように真空チャンバーの構成を変更した。真空チャンバー

とターボ分子ポンプをつなぐ配管を L 字から T 字のものに変更し、入射してきたマイクロ波が通り抜けられるようにした。また、真空チャンバー内での反射をなくすためにモード変換ホーンと同じ直径の導波管を自作し、取り付けた。この2つの変更により真空チャンバーに入射したマイクロ波の反射を抑える。図2(a)のチャンバー左側からマイクロ波を入射し、右側のガラスフランジからマイクロ波が抜けることで真空チャンバー内が進行波環境になる。またガラスフランジから抜け出したマイクロ波は電波吸収体で吸収し、マイクロ波が真空チャンバーに戻ってこないようにした。

また太陽電池アレイは自作導波管中央に配置して実験を行う。実験時に太陽電池アレイを映像で確認する必要があるため、自作導波管の上面から太陽電池アレイが見えるように自作導波管の一部はメッシュを用いた。

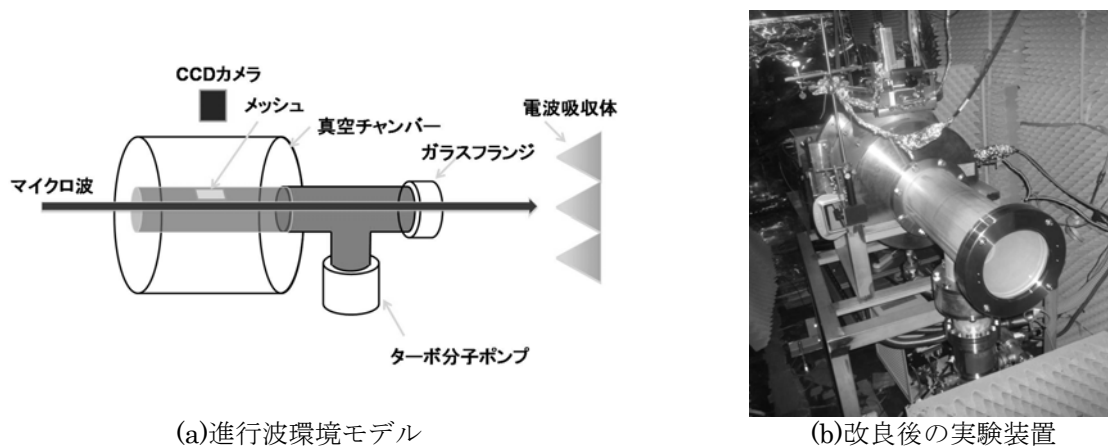


図2 実験装置の進行波環境化

3 実験方法

使用するマイクロ波はマグネトロンを使用し、5.8GHz、最大出力 CW400W である。また、マイクロ波は真空チャンバーへモード変換ホーンを通して TE11 モードで伝搬する。入射、反射電力は発振器とモード変換ホーンの間にある方向性結合器からダイオードで検波することにより測定する。真空チャンバー内の圧力は電離真空計により測定し、放電発生確認は CCD カメラの映像により行う。

実験で使用する太陽電池は真空チャンバー内の自作導波管中央に配置し、100Wから 250Wまで 5 分刻みで 50Wずつ上昇させ、放電発生の有無について検証を行う。実験時のチャンバー内圧力は 10^{-4} Pa 程度である。

4 太陽電池アレイへの進行波照射

実験には定在波環境で放電を確認した Si のセルサイズ 20mm × 40mm の太陽電池アレイを使用した。このサンプルは太陽電池が 5 直列になっており、カプトンフィルム上に接着されている。また定在波環境で行ったマイクロ波照射実験では、放電時に圧力上昇はほとんど見られず、放電は N 電極先端およびインターコネクタで頻発していた。

100、150W照射時は太陽電池上で放電は起きなかった。また、真空チャンバー内の圧力も実験開始時とほぼ同じ程度である。200W照射時に 2- 3 列目のインターコネ

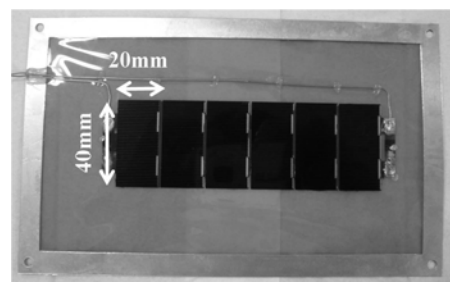


図3 使用した太陽電池アレイ

クタ付近で放電が発生した。200W時の真空チャンバー内のマクロな電界値は2200V/mであり、太陽電池のN電極による電界集中を考えると電極付近の電界は31000V/m程度となると考えられる。放電時、チャンバー内圧力は若干上昇したが実験開始前と同じく 10^{-4} Pa程度だった。今回の結果から、マイクロ波照射時の太陽電池上で起きる放電は定在波、進行波どちらの環境でも発生するといえる。

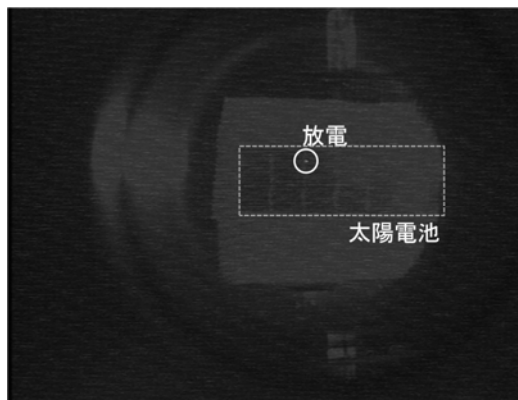


図5 200W照射時の放電画像

5 まとめ

今回の結果から太陽電池上で起きる放電は定在波、進行波環境どちらでも発生することがわかった。また、放電発生箇所も定在波、進行波環境ともに同じであった。この放電は一定以上の強度のマイクロ波照射中では継続しておきるため、太陽電池の劣化を引き起こすことが懸念される。また一度放電の発生した箇所では放電発生閾値以下のマイクロ波照射時にも放電がおきる。しかし、この放電は太陽電池のセルサイズに強く依存することがわかっている。5.8GHzのマイクロ波において、現在宇宙用の太陽電池として広く使用されている35mm×70mmセルでは放電が起きないことが分かっている。そのため放電の起きないセルサイズの太陽電池を使うことでマイクロ波照射によって発生する放電を回避することができると考えられる。

参考文献

- [1]R.A.Kishek, Y.Y.Lau,; Multipactor discharge on metals and dielectrics, PHYSICS OF PLASMAS Vol.5,No.5, May 1998, pp2120-2126
- [2]加世堂公平、”宇宙環境下での高強度マイクロ波と宇宙用太陽電池アレイ表面上の干渉相互作用に関する研究”九州工業大学修士論文、2008年
- [3]池田顕夫、趙孟佑、久田安正 ”宇宙用太陽電池模擬電極へマイクロ波照射が及ぼす影響”,第27回宇宙エネルギーシンポジウム