

宇宙環境下での高強度マイクロ波と宇宙機用太陽電池アレイ表面 の干渉相互作用に関する研究

九州工業大学工学研究科電気工学専攻 博士前期課程 趙・豊田研究室 加世堂康平

1. 背景と目的

近年の世界人口の増加と科学技術の発展に伴い、世界のエネルギー需要に対する安定供給の確保が困難になりつつある。この深刻なエネルギー問題を解決する対策の1つとして宇宙太陽発電システム(SSPS)という構想が検討されている。これは宇宙空間に巨大な太陽電池及びマイクロ波送電システムを一体化した衛星を浮かべ、無尽蔵な太陽光エネルギーから太陽電池を用いて発電し、発電した電力をマイクロ波によって無線で地上まで送電するというものである。

現在検討されているSSPSのモデルとして、発電用太陽電池のすぐ裏面に送電用アンテナを配置した構造の発送電一体型モデルがある(図1)。しかし、このモデルを想定した場合に発電用太陽電池表面にマイクロ波が回折し、放電を引き起こすのではないかと懸念されている。また、SSPSよりも低い位置を飛行する他の衛星の太陽電池表面は、SSPSの送信用マイクロ波に曝されることにより放電に至るのではないかと懸念されている。

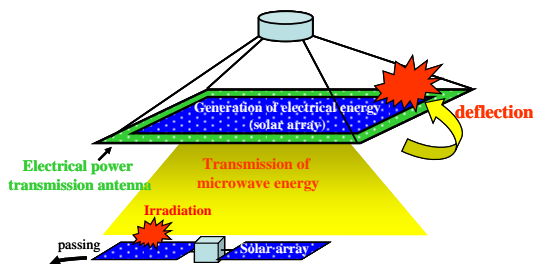


図1. 発送電一体型SSPSの問題点

2. 研究方法

SSPSで使用が検討されている周波数5.8GHzのマグネトロン(最大出力700W)と真空チャンバーを用いて真空中の太陽電池へのマイクロ波照射を行う(図2)。大きさの異なる2種類の大きさの太陽電池を用いて、懸念されている放電が実際に発生するかを確認する。放電が確認された場合、2種類の放電モード(RFガス放電・マルチパクタ放電)を想定した放電発生理論値に基づいて、太陽電池の高周波特性取得、放電時の温度測定等から発生メカニズムの解明を実験的に行う。

また、計算機シミュレーションを行い真空チャンバー内部の電磁界分布、太陽電池電極近傍の電磁界分布を取得し、放電発生理論値を超える電界強度が発生するかを評価する。

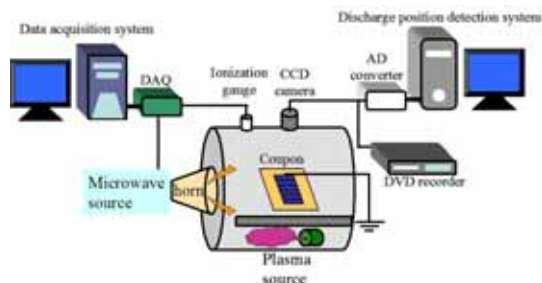


図2. 試験システム図

3. 研究結果

20mmx40mmの太陽電池では放電が発生し、35mmx70mmの太陽電池では放電は発生しないことがわかった。放電発生時の温度測定から太陽電池近傍での局所的圧力上昇は1桁程度であることがわかり、RFガス放電の発生閾値を超えないことからRFガス放電の発生の可能性は低いことがわかった。太陽電池のSパラメータ測定を行った結果、大型クーポンの太陽電池セルと比較して小型クーポンの太陽電池セルは高周波特性が優れており、ダイポールアンテナと同程度のマイクロ波吸収があることがわかった。

広域電界分布シミュレーションの計算結果により真空チャンバー内部では、投入したマイクロ波と比較して約2倍増加されていることがわかった。

N電極の一部を模擬した局所電界分布計算の結果、N電極先端では周囲の電界強度よりも約14倍増加されることがわかった。この電界はマルチパクタ放電の発生閾値を超えるほどではないが、N電極を完全には模擬した場合に、周囲に対して十数倍程度電界が増加すればマルチパクタ放電の発生閾値を超える可能性がある。

4. まとめ

SFUクーポンにマイクロ波を照射するとマルチパクタ放電が発生する可能性が高いため、実際のSSPSの設計段階では20mmx40mmの太陽電池の使用を避ける必要がある。

5. 発表実績

- 国内学会 2件
- ・第25回宇宙エネルギーシンポジウム
- ・第9回宇宙太陽発電システムシンポジウム
- 国際学会 1件
- ・第22回 International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum