

マイクロ波によるワイヤレス電力伝送の研究

製品・機能評価課 奈須野雅明、室 慧悟

1. 緒言

マイクロ波帯の電波を用いる空間型ワイヤレス電力伝送は、数メートル離れた IoT/ICT 等のセンサモジュールにワイヤレスで給電することが可能となる。現在、技術的要件の関連法令の整備により、920MHz 帯、2.4GHz 帯、5.7GHz 帯において空間伝送型のワイヤレス電力伝送が登録した無線局構内で使用可能となった。今後も規制緩和が進み、IoT/ICT 機器等の有線フリーやバッテリーフリーが実現し、幅広い分野での活用が期待される。

本研究ではマイクロ波給電の周波数帯域で効率よく受電し直流電力を出力するレクテナを試作開発し、それを用いて動作する IoT/ICT モジュールシステムの試作開発を行う。今年度は、920MHz 帯の受電用マイクロストリップアンテナ(MSA)、高周波整流回路を試作評価し、それを用いた無線通信・センサモジュールの動作確認を行った。

2. 実験方法

2.1 MSA の試作評価

MSA の試作には、シミュレータを用いて 920MHz に共振周波数を持つよう設計した。基板は日本ピラー工業社製(NPC-F260)を用いて 130mm 角に切断し、受電部分は、ウェットエッチング加工で行った。裏面にアルミ板を地導体としてねじ止めし、受電面積約 110mm 角の MSL アンテナを試作した。試作したアンテナの外観とリターンロス測定(ネットワークアナライザ(E5071C)を使用)の実測値を図 1 に示す。920MHz で共振しリターンロス値は -16.5dB であった。放射特性および利得は、当センターの小型電波暗室(フェライト床面の 6 面電波暗室)及びイミュニティ試験システム(2022 年度 JKA 補助事業にて導入)の放射エミッション測定機能を用いて行った。送信アンテナには信号発生器(KEYSIGHT 社製、N5171B)を連続波(CW 波)10dBm で給電した。試験体テーブル下の後方に設置し、受信アンテナにはログペリオディックアンテナ(Schwarzbec 製 UHALP9108)、スペアナには(R&S 製 FPL1007)を用いた。アンテナ高さは 1m、アンテナ間の距離は 3m で測定を行った。床面には電波吸収体を設置した(図 2 参照)。図 3 にアンテナの水平面内の放射特性を示す。後方面に関しては、信号発生器やケーブルの影響がでいると考えられる。標準ダイポール(Anritsu 製 MA5612A2)から算出したアンテナ利得は、6.2dBi となり、MSA の標準的な特性が得られた。

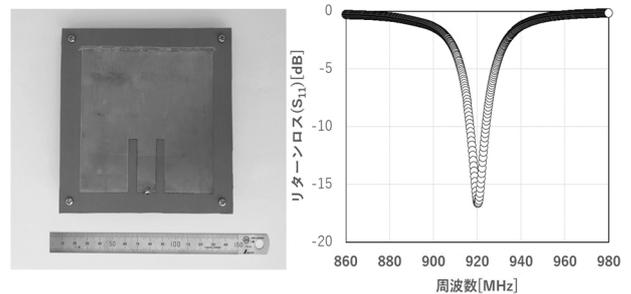


図 1 試作アンテナの外観とリターンロス(S₁₁)の実測値

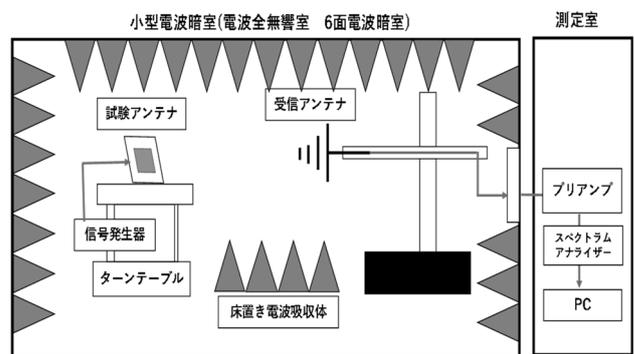


図 2 アンテナの放射特性模式図

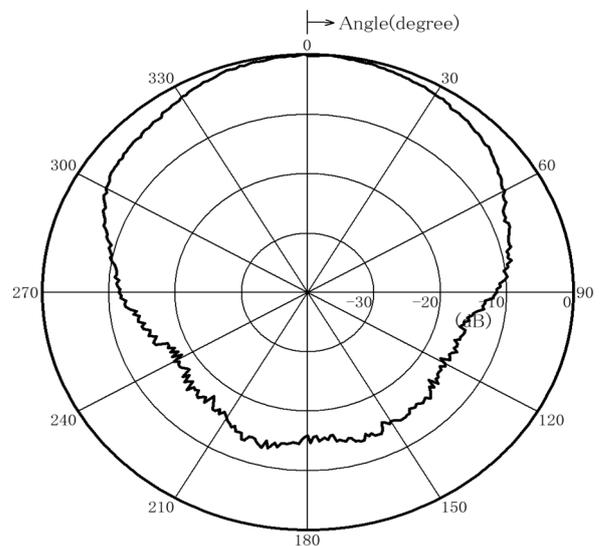


図 3 試作したアンテナの放射特性(920MHz)

2.2 高周波整流回路の試作評価

高周波整流回路の試作には、高周波回路シミュレータ(S-NAP)等を用いて、シングルシャント型の整流回路の試作を行った。回路の基板は、利昌工業社製の低誘電率 PPE 両面銅張積層板(CS-3376C)を 60mm×90mm 角に切断して使用した。マイクロストリップ線路(MSL)は、線路幅や長

さを調整してウェットエッチングにより加工し、ショットキーバリアダイオード(SBD、東芝製 1SS315)、DC カット用に(10 μ F)、平滑化用に(1pF)のチップコンデンサ、sma コネクタをはんだ付けして実装した。回路の S_{11} (反射係数の測定により整合用スタブの形状や長さを調整して試作を行った。図 4 に試作した高周波整流回路と直流の出力特性を示す。高周波整流回路への入力信号は信号発生器 (KEYSIGHT 社製 N5171B)用い、開放の出力電圧をマルチメータで測定した。SG 設定入力電力 19dBm で約 5.5V の直流電圧が得られた。

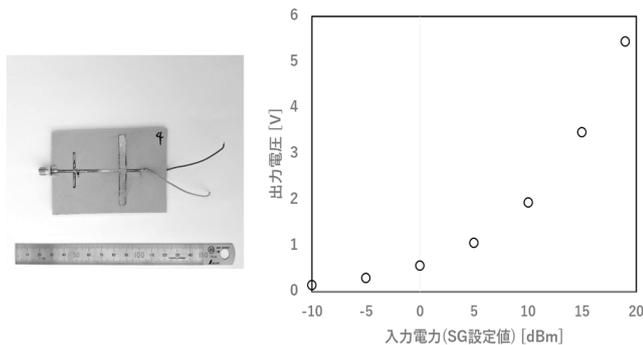


図 4 試作した整流回路と出力特性

2.3 無線・センシングモジュールの組み込み評価

無線・センシングモジュールを組み合わせ、レクテナの電源供給による動作確認を行った。レクテナに接続する送信側の無線モジュールには TWELITE DIP Blue(Mono Wireless 社製)、センサには温湿度・気圧センサモジュール(BOSCH 社製 BME280)等を使用した。受信には、PC に USB 型の受信機 (Mono Wireless 社製 MONOSTICK STICK-B)を接続して用いた。試作した MSA 及び高周波整流回路を接続し、整流回路の直流出力には送信用無線・センサモジュールを接続した。それぞれ 2 組用意し、イ

ミュニティ試験システムを用いて 920MHz の電波の照射実験を行った(図 5 参照)。その結果、一定以上の電界強度でレクテナ 2 組それぞれセンシングデータを USB 受信機を接続した PC に同時送信できることを確認した。整流回路の変換効率の向上、負荷とのマッチング、蓄電回路の検討を行い、より低い電力照射で動作するよう改善していく。

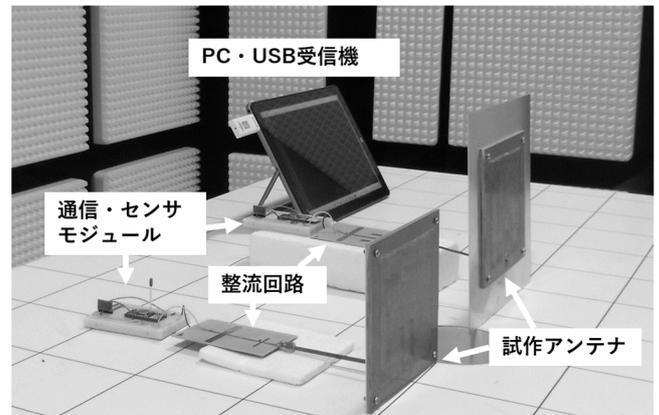


図 5 無線・センシングモジュール等の外観

3. 結言

920MHz 帯で動作するレクテナに用いる受電アンテナや高周波整流回路の試作・評価を行った。また、IoT/ICT モジュールを組み込み、動作確認を行った。今後、実用化に向けてレクテナやモジュール一体型を進めるとともに小型化や送電や受電の高効率化に向けての取り組みを進めていく。

参考文献

- 1) 奈須野他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No.34(2020)pp. 37-38
- 2) Mono Wireless Inc. ホームページ, [Online] <https://mono-wireless.com/jp/company/index.html>

キーワード：マイクロ波、WPT、レクテナ、高周波整流回路

Development of Microwave-based Wireless Power Transfer System

Product and Function Evaluating Section; Masaaki NASUNO, Keigo MURO

In this research, a prototype rectenna that efficiently receives power and outputs DC power in the frequency band of microwave power supply is developed, and a prototype IoT/ICT module system that operates using the rectenna is developed. In this year, we evaluated a prototype microstrip antenna (MSA) for power reception in the 920 MHz band, a rectifier circuit, and evaluated wireless communication and sensor modules that use them.