

Wi-Fi(無線 LAN)の周波数帯域を用いるレクテナの試作と評価

製品・機能評価課 奈須野雅明

機能素材加工課 升方康智*1

1. 緒言

近年、ノートパソコン、スマートホンやタブレット等のモバイル通信機器の普及により、家庭内から屋内外の公共施設や商業施設等至る所に Wi-Fi が設置されており、利用可能なエリアがますます広がっている。一般的に Wi-Fi の電波はルーター等のアンテナより送受信されているが、通信に使われる電波エネルギーを効率よく受電できれば、低消費電力の IoT 機器等の充電の補助やバッテリーレス化につながる可能性があると考えられる。本研究では、Wi-Fi の通信に用いられる 2.4GHz 帯の電波エネルギーを受電し回収するレクテナ(整流回路付きアンテナ)の試作と評価を行う。今年度は、高周波整流回路の評価のための測定系を整え、高周波-直流(RF-DC)変換効率について検討を行った。また、試作した複数の受電用マイクロストリップアンテナ(MSA)をアレイ化し、受電と回収電力の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 MSA の設計・試作

MSA の試作には、電磁界シミュレータ(Sonnet Software 社製 SonnetLite)を用いて 2.45GHz に共振周波数を持つよう設計試作した。MSA の受電部分は、日本ピラー工業社製のフッ素樹脂多層板(NPC-F260)を 70mm 角に切断し、ウェットエッチングにより加工を行った。裏面は、アルミ板を地導体としてねじ止めし、受電面積約 40mm 角の MSL アンテナを試作した。

2.2 整流回路の設計・試作

高周波整流回路の試作には、高周波回路シミュレータ(Qucs)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 50mm 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(10μF)、平滑化用に(1μF)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。

2.3 整流回路の評価

図 1 の測定系により試作した高周波整流回路の変換効率の評価を行った。高周波整流回路への入力には信号発

生器(Agilent Technologies 社製 N5181A、以下 SG)を用い、整流回路の入射電力(P_f)、反射電力(P_r)の測定にはスペクトルアナライザ(Agilent Technologies 社製 N9010A)を用いた。直流の出力電圧(V_{out})はマルチメーターで測定した。SG の周波数は 2.45GHz に固定、出力設定値は -10~15dBm、負荷(R_L)には抵抗(1kΩ、5kΩ、10kΩ)を用いて、式(1)にて RF-DC(高周波-直流)の変換効率の算出を行った(図 2)。SG 設定値が小さい範囲から直流出力が得られ、信号発生器の出力電力の上昇に伴い、変換効率も上がることが確認でき、負荷抵抗 5kΩ で最大約 15%の変換効率を得られた。図 3 に負荷抵抗 5kΩ 測定時の入射電力及び反射電力を示す。入射電力と反射電力の比は、信号発生器の出力の増加とともに小さくなっていることがわかるが、15dBm 時においても反射電力(P_r)が入射電力(P_f)の半分程度ある。変換効率特性は、SBD の素子の特性の影響が大きいと考えられるが、反射電力(P_r)が抑えられれば、一定程度の変換効率の向上が図られると考える。

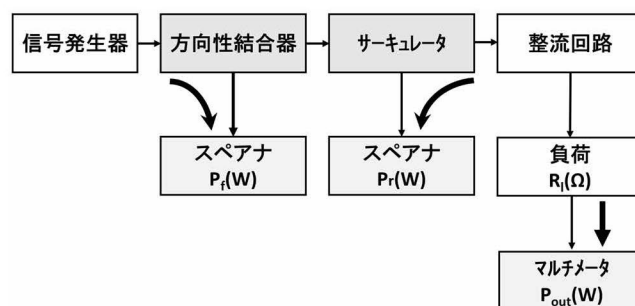


図 1 整流回路の変換効率の測定系概念図

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_f - P_r} = \frac{V_{out}^2 / R_L}{P_f - P_r} \quad (1)$$

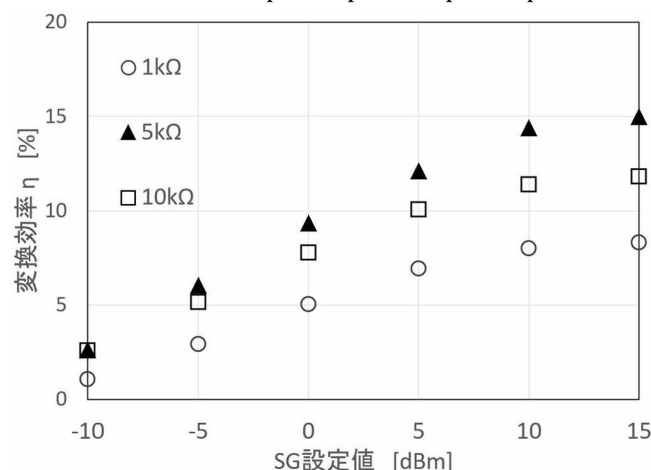


図 2 高周波整流回路の変換効率の特性

*1 現 製品・機能評価課

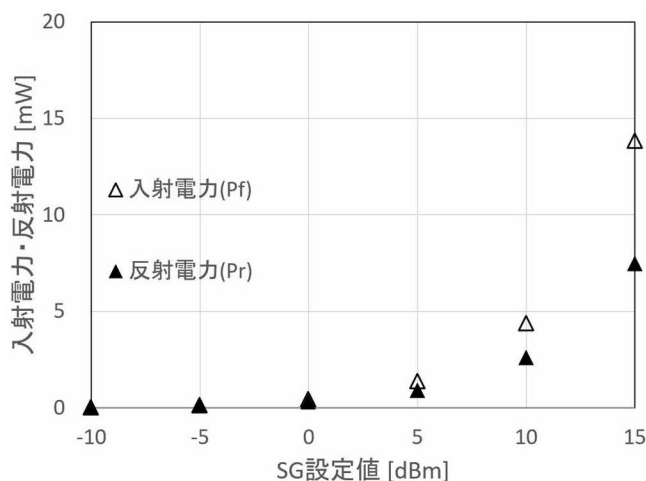


図 3 整流回路(負荷 5kΩ)の入射電力及び反射電力

2.4 レクテナの評価

試作した MSA と整流回路を用いてレクテナを構成し、電波照射の実験を行った。測定は当センターの小型電波暗室(6 面電波暗室)内で、高さ 800mm の発泡体テーブル上で行った。送電アンテナには Wi-Fi のアンテナで用いられている 2.4GHz 帯のスリーブアンテナを用い、先の整流回路評価と同 SG で高周波電力を供給した。送受電アンテナ間の距離は 100mm とし、アンテナを 1~4 個の出力電圧を比較した。複数のアンテナの接続には合成器を用いた。受電アンテナと整流回路を接続した外観写真を図 4 に示し、整流回路に出力された直流電圧の測定結果を図 5 に示す。SG 設定値の上昇とともに出力電圧が増加し、ま

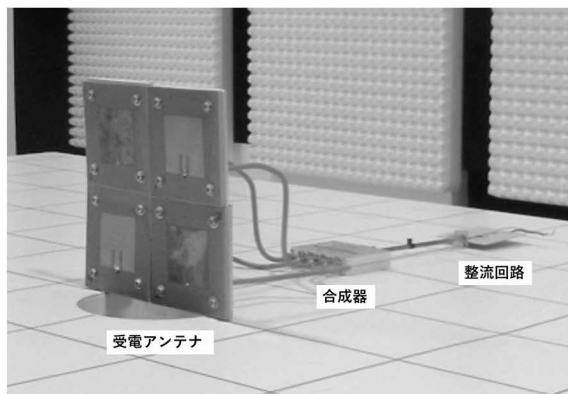


図 4 レクテナ(アンテナ+整流回路)の外観

キーワード : Wi-Fi、レクテナ、高周波整流回路、シングルチャント

Development of Rectifying Antenna using Band of Wireless LAN/Wi-Fi

Product and Function Evaluating Section; Masaaki NASUNO,

Functional Material Processing Section; Yasutomo MASUGATA*1

The purpose of this research is to develop a rectifying Antenna for the band used in Wi-Fi (wireless LAN). In this report, a rectifier circuit with a frequency in the 2.4 GHz band was designed using a high frequency circuit simulator, and prototype evaluation was performed. We also conducted a wireless power transmission experiment by connecting multiple MSL antennas and a rectifier circuit, and confirmed the operation as a rectifier antenna.

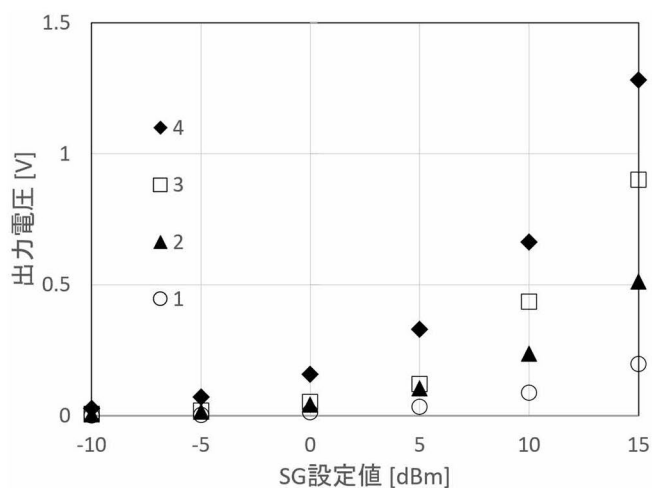


図 5 レクテナの直流出力電圧特性

た、アンテナの個数(受電面積)の増加によっても出力電圧が増加することが確認できる。出力電圧が低い領域においては、単位面積当たりの受電効率の良いアンテナの試作評価やアンテナ、合成器、整流回路と一体型としてロスを減らし、効率のよいレクテナの試作開発に取り組みたい。

3. 結言

Wi-Fi の周波数帯域 2.4GHz 帯で動作するレクテナに用いる高周波整流回路の試作・評価を行った。また、複数の MSL アンテナを合成器で結合し、一定以上の電波照射下では受電面積に比例して回収電力が増えることを確認した。今後、変換効率のさらなる向上と、レクテナを電源とする低消費電力で動作する IoT (ICT)モジュールの試作開発を行い実用化へ取り組みを進めたい。

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) 奈須野他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No.35 (2021) pp. 21-22