

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、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などのモバイル通信機器の普及により、家庭内や屋内外の公共施設や商業施設等においても無料 Wi-Fi が設置され、利用される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、通信に使われない電波エネルギーを効率よく回収利用できれば、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と思う。本研究では、Wi-Fi の通信に用いられる周波数帯域の電磁波のエネルギーを回収するレクテナ(整流回路付きアンテナ)の試作と評価を行う。今年度は、ライセンスフリーの高周波回路シミュレータ(Qucs : キュークス)¹⁾を利用し、2.4GHz 帯域の高周波整流回路の設計、試作、評価を行った。

2. 実験方法

2.1 整流回路の設計・試作

高周波回路シミュレート(Qucs)を用いて、高周波整流回路においてよく使われているシングルシャント型を試した。この型はダイオードをシャント接続する半波整流回路であるが、 $\lambda/4$ 線路を用いることで実質的に全波整流分の直流電力が得られる。

MSL(マイクロストリップ線路)の基板には、利昌工業社製の低誘電率 PPE 両面銅張積層板(CS-3376C(表 1 参照))のパラメータを使用した。また、SBD(ショットキーバリアダイオード)には、東芝製の 1SS315 を用い、その SPICE パラメータ(表 2 参照)を用いた。

表 1 基板パラメータ

基板材料	基板厚	比誘電率	誘電正接	銅箔厚
CS-3376C	0.8mm	3.3	0.003	35 μ m

表 2 SBD(1SS315)の主な SPICE パラメータ

SBD	VB (V)	Cjo (pF)	Eg (eV)	Is (μ A)	Rs (Ω)
1SS315	6.0	0.25	0.57	0.35	4.62

図 1 に Qucs によるシングルシャント型高周波整流回路の過渡解析例を示す。グラフは負荷にかかる電力を示し、電力特性が安定した時間を抽出した。グラフの特性より、整流動作を行っていることが確認できる。その他、回路の S_{11} (反射係数、スミスチャート)のシミュレート及びネットワークアナライザ(VNA)の実測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。

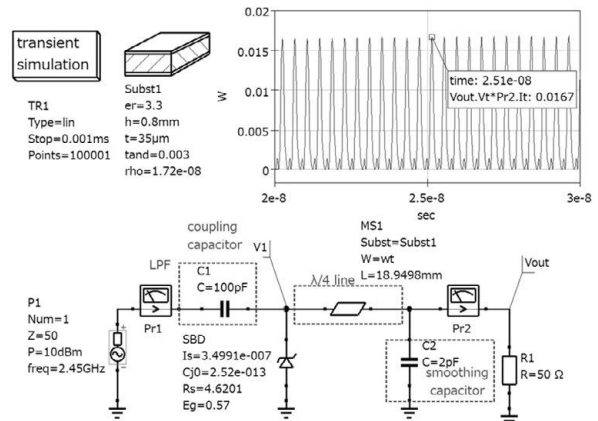


図 1 Qucs 回路レイアウト及びシミュレート結果の例

2.2 整流回路の作製

整流回路の試作には、表 1 の基板を 50mm 角に切断して、ウェットエッチングにて MSL の作製を行った。エッチングの保護シートには、市販のカッティングプロッターにより線路幅や長さを調整した塩化ビニルシートを基板に貼付し、塩化第二鉄水溶液(38%)を 40°C \pm 2°C で約 20min 浸漬してエッチングを行った。基板を洗浄後 sma コネクタ、DC カットコンデンサ、SBD、平滑化用コンデンサをはんだ付けで実装した。裏面の地導体とのショートスタブは、基板に直径約 1mm の貫通穴を設けてはんだで接合した。図 2 に試作した整流回路の例と回路の模式図を示す。

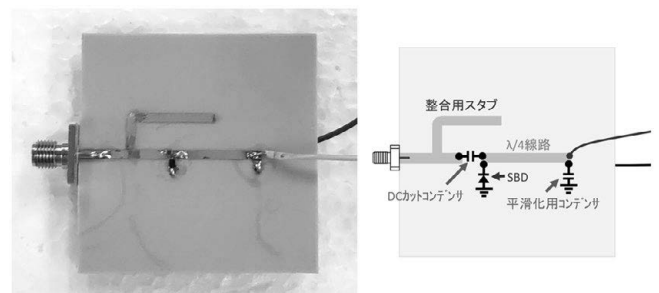


図 2 試作した整流回路(左)とその模式図(右)

2.3 実験結果および考察

作製した整流回路の動作確認に信号発生器の代替として VNA を用いて、周波数帯域幅は 2.44~2.46GHz、出力範囲は -10~10dBm の高周波信号を sma コネクタに供給し、直流電圧の出力を測定した(図 3 参照)。グラフより、高周波信号出力の上昇に伴って、直流電圧が上昇し、VNA 設定値 10dBm 時に 1.2V の直流電圧が計測され、高周波整流回路として動作していることを確認した。

*1 現 機能素材加工課

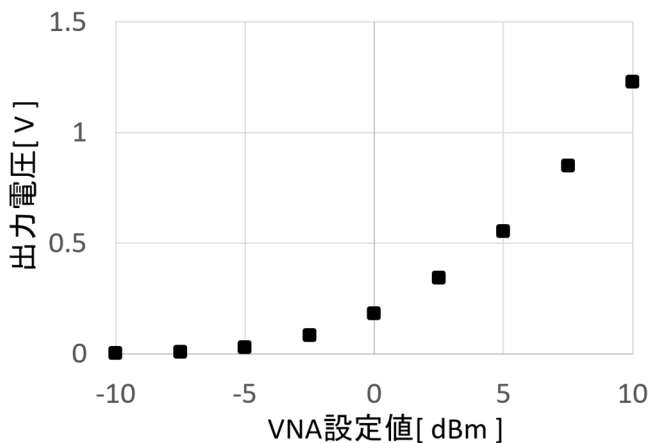


図3 高周波整流回路の直流電圧出力特性

次に、整流回路とアンテナを組み合わせてレクテナとしての動作確認をするため無線電力伝送の実験を行った。測定は放射電波の反射の影響を少なくするため、当センターの小型電波暗室内において高さ800mmの発泡体上で行った。送信アンテナには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、先の整流回路と同条件でVNAの高周波信号を供給した。受電アンテナには、前年度試作した受電面積約40mm角のマイクロストリップアンテナ(MSA)²⁾を用い、今回試作した高周波整流回路のsmaコネクタ同士をセミリジッド・ケーブルで接続した。スリーブアンテナとMSAとの距離は100mmとした。レクテナの測定時の写真を図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。出力電圧は小さいが、VNA設定値5dBm以上から上昇し、10dBmで42mVの出力電圧が計測され、レクテナとして動作することを確認した。

3. 結言

Wi-Fiの周波数帯域2.4GHz帯で動作するレクテナ用の高周波整流回路の設計、試作、評価を行った。今回はVNAで評価を行ったが、今後測定系を整えてRF-DCの変換効率について検討を進める。また、アンテナと整流回

路の最適化、同一基板での作製、アンテナの受電面積を増やす等の検討を行い、レクテナの回収電力の向上のための取り組みを進める。

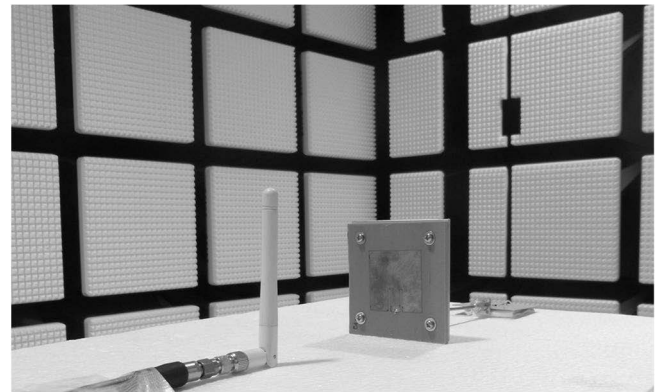


図4 レクテナの測定風景の写真

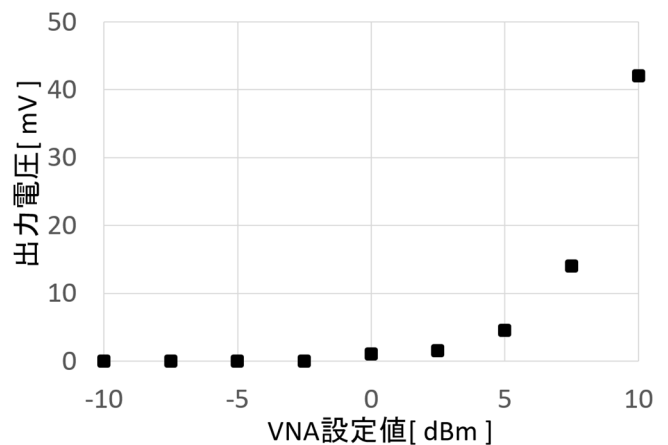


図5 レクテナの直流電圧出力特性

参考文献

- 1) QucsStudio[Online] <http://dd6um.darc.de/QucsStudio/qucsstudio.html>
- 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.34(2020)pp.37-38

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 and 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. In addition, a wireless power transmission experiment was conducted by connecting the MSL antenna and the rectifier circuit, and the operation as a rectifying Antenna was confirmed.