

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、佐々木克浩*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 機器等の電源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電磁界シミュレータを用いて、共進周波数が 2.4GHz 帯にあるマイクロストリップアンテナ(通称はパッチアンテナ、以下 MSA)の設計、試作、評価を行った。

2. 実験方法

2.1 MSA の設計

MSA は、GPS や ETC などの受信アンテナに用いられている。平板構造でプリント基板からの生産できること、基板の誘電率でサイズの調整が容易である等の特徴があり、微弱な電磁波エネルギーを回収する受信アンテナに適すると考えられる。形状には背面同軸給電方式、共平面方式、電磁結合給電方式などがあるが、インピーダンスの調整がしやすい切込みを設けた共平面方式とした。また、面積を増やすためにアレイ化することを考慮し、背面から給電するアンテナを設計することとした。図 1 にその模式図を示す。基本的な MSA は、アンテナ面(放射素子)、誘電体、地導体板の 3 層からなり、共進周波数 f_0 は、誘電体の比誘電率と放射面の長さによって決まり、式(1)で表される¹⁾。

$$f_0 = \frac{C_0}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

C_0 : 真空中の光速、 L :放射面の長さ、 ϵ_r 比誘電率

試作パッチアンテナの基板には、日本ピラー工業社製のガラス布基材フッ素樹脂両面銅張積層板(NPC-F260(表 1 参照))を使用した。電磁界シミュレータには、周波数領域での解析法(モーメント法)による Sonnet Software 社製 SonnetLite を用いた²⁾。シミュレータには、表 1 の基板

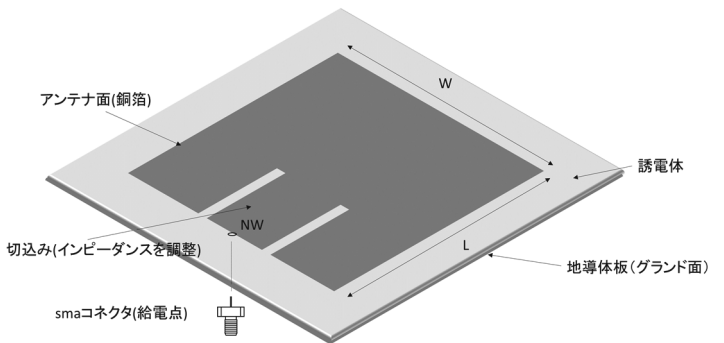


図 1 切込みを設けた共平面方式 MSA の模式図

パラメータを設定し CellSize(メッシュ)は 0.25mm 角とした。(1)式から設計する 2.4GHz 帯の共振周波数 2.45GHz より概略寸法(図 1 の長さ L 及び幅 W の長さ)は決まり、切込みの大きさによりインピーダンスを調整し、2.45GHz 付近で最も低いリターンロス(以下 S_{11})値が得られる長さ L や幅 W の長さを検証し設計した。設計した寸法サイズ及びシミュレータで得られた S_{11} 特性の結果を図 2 に示す。モデリング図の S_{11} の共振周波数は、2.45GHz で、 S_{11} (シミュレート値)は-39.5dB となった。アンテナ動作の目安となる-10dB 以下の周波数帯域は、2.43GHz(-10.3dB)~2.47(-10.7dB)GHz となった。

表 1 使用基板材料(基板厚は測定値、他はカタログ値 (10GHz 近傍))

基板材料	基板厚	比誘電率	誘電正接	銅箔厚
NPC-F260	3.15mm	2.59	0.0028	35 μ m

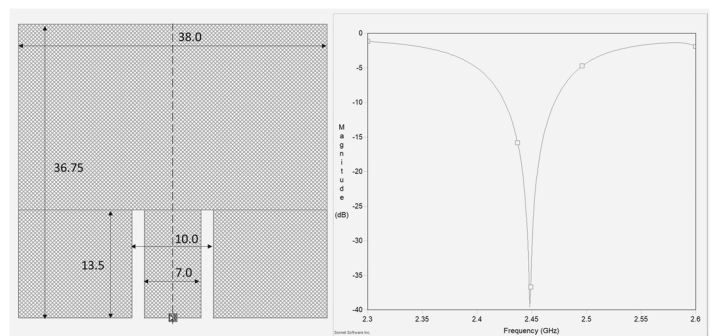


図 2 電磁界シミュレータによるモデリング(左)及び S_{11} 特性(右)

2.2 MSA の試作

試作 MSA は、表 1 の基板を 70mm 角に切断し、アンテナ面のパターンニングはウェットエッチングで行った。エッチングの保護シートには塩化ビニルシートを用い、市販のカッティングプロッターでモデリングした図形の形状にカッティングした。エッチングは塩化第二鉄水溶液

*1 現 生活工学研究所

(38%)を $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ で約 20min 行った。アンテナの地導体面には、70mm 角のアルミ板をねじ止めした。給電面は、アンテナ面の切込み外側の中央から $\phi 1.4\text{mm}$ の貫通穴を設け、sma コネクタをアルミ板にビス止めし、端子を貫通穴に通してアンテナ面の銅箔とはんだ付けを行いスルーホールとした。試作した MSA の外観を図 3 に示す。

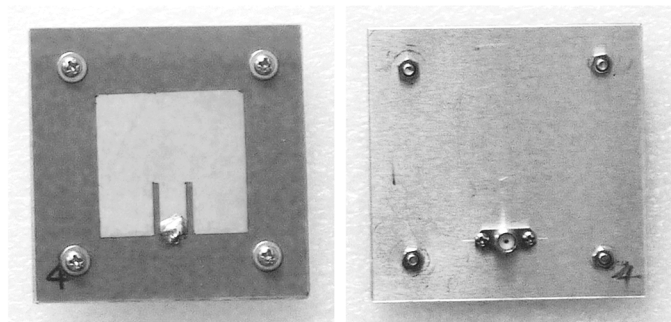


図 3 試作した MSA の外観(左:アンテナ面、右:地導体面)

2.3. 実験結果および考察

試作した MSA の S_{11} の測定をネットワークアナライザ(ROHDE & SCHWARZ 社製 ZVA-24)で行い、その測定結果及びモデリングのシミュレート値を図 4 に示す。試作した MSA の共振周波数は、シミュレート値より約 0.01GHz シフトし 2.46GHz(-29.1dB)に、 S_{11} 値は、-10dB 高い値となった。塩化ビニルシートのカッティング精度や過エッチング等、加工精度が要因と思われる。アンテナの動作の目安である -10dB 以下の帯域は、2.44GHz(-11.9dB)~2.48GHz(-13.0dB)となり、帯域もシフトしているが、シミュレート値とほぼ近い特性が得られた。Wi-Fi の 2.4GHz 帯は、例えば IEEE802.11g の場合 2.412~2.472GHz の帯域で 5MHz 毎に 13ch(20MHz/ch) あることから、2.40~2.48GHz の帯域幅を含む必要があると考えられ、今後、周波数の帯域幅を広げるため基板の選定や形状及び構造

等を検討するとともに、寸法精度も高めて試作作製を試みたい。

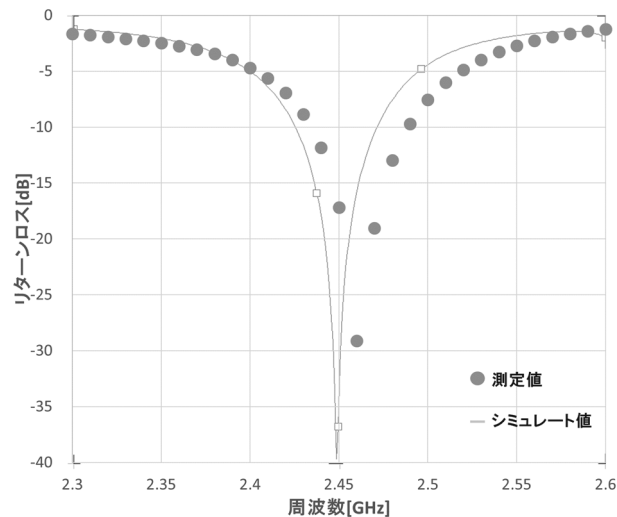


図 4 S_{11} の測定結果およびシミュレート値

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アンテナ(MSA)の設計、試作、評価を行った。今後、周波数領域の広帯域化したアンテナの試作やアレイ化に取り組むとともに、アンテナに適した高周波整流回路の試作評価に取り組む予定である。

参考文献

- 1)電子情報通信学会 知識ベース 知識の森:[Online]
http://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun_02hen_05.pdf
- 2)小暮裕明他:[改訂]電磁界シミュレータで学ぶ高周波の世界
- 3)無線 LAN 基礎知識 : [Online] <https://www.allied-teleisec.co.jp/products/list/wireless/knowl.html>

キーワード : Wi-Fi、レクテナ、マイクロストリップアンテナ、リターンロス

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

Product and Function Evaluating Section; Masaaki NASUNO Katsuhiro SASAKI*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 microstrip antenna (MSA) with a frequency in the 2.4 GHz band was designed using an electromagnetic field simulator, and prototype evaluation was performed. The prototype MSA had an S_{11} of -10 dB or less in the frequency band 2.44 to 2.48, and a minimum S_{11} of -29.1dB at 2.46GHz.