

プロジェクト名：マルチバンド平面アンテナの周波数制御に関する研究

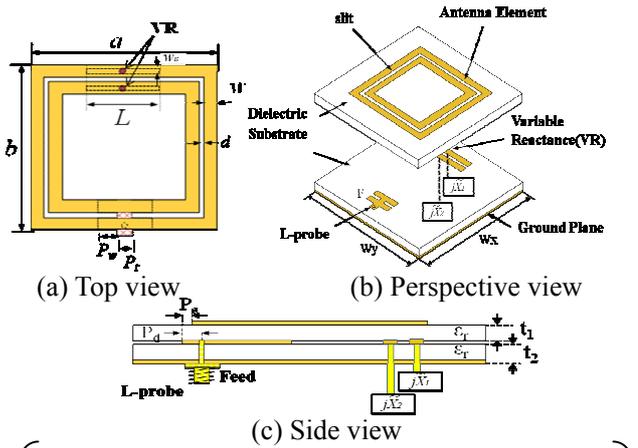
代表者：木村 雄一（理工学研究科・准教授）

1. まえがき

近年の移動通信用アンテナ及びそのサブシステムにおいては、マルチバンド化及び周波数制御等の高機能化が重要な研究課題とされている。また、マイクロストリップアンテナ (MSA) は、小形、軽量、薄型という特徴を有しており、多面的に研究が行われている。平面アンテナの周波数制御法に関して、バラクタダイオードまたは可変リアクタンス素子 (VR素子) を用いた平面アンテナの共振周波数制御に関する報告がなされているが、その多くは1周波アンテナを対象としたものである。一方、Lプローブにより給電される多リング形マイクロストリップアンテナはマルチバンド平面アンテナとして良好な特性を示すことが示されている。そこで、本研究では多リング形マイクロストリップアンテナに VR 素子を装荷し、電子的に共振周波数制御を可能とするマルチバンド平面アンテナに着目し、その設計法につき検討を加えた。

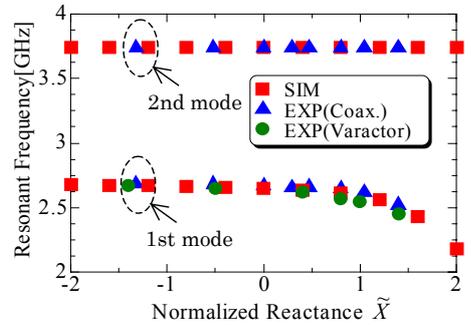
2. 基本構成

本稿ではマルチバンド平面アンテナの周波数制御を検証するため、2周波動作の多リング形 MSA に着目し、以下の検討を加えた。本アンテナの基本構成を図1に示す。このアンテナは二層の誘電体基板から構成され、上部の基板には二つの方形リング形素子、下部の基板には給電用 L プローブと二つの可変リアクタンス(VR)装荷用素子が配置され、VR 素子は各々基板背面より接続される。VR 素子のリアクタンス値を各々変化させることで二つのリングにより励起されるモードの共振周波数を独立して制御させることができる。なお、シミュレーションには Zeland IE3D を使用し、供試基板として比誘電率 $\epsilon_r = 2.6$ 、厚さ $t = 1.2$ mm のテフロンガラスファイバー基板を用いた。

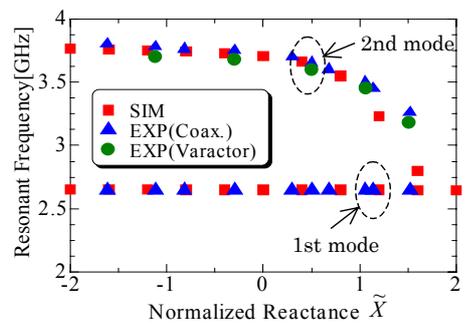


$$\left[a=b=22.1, w=2.0, d=0.8, L=8.0, P_w=1.25, P_s=0.8, P_d=0.8, P_r=1.5, w_s=0.6, t_1=t_2=1.2, W_x=W_y=60, \text{unit: [mm]}, \epsilon_r=2.6 \right]$$

図1 可変リアクタンス素子装荷2周波共用リング型MSAの基本構成



(a) 1st mode ($-2.0 < \tilde{X}_1 < 2.0, \tilde{X}_2 = 0$)



(b) 2nd mode ($\tilde{X}_1 = 0, -2.0 < \tilde{X}_2 < 2.0$)

図2 可変リアクタンス素子装荷2周波共用リング型MSAの周波数制御特性

3. 周波数制御特性

図2にシミュレーションおよび実験による供試アンテナの周波数制御特性を示す。なお、実験では同軸位相器およびバラクタダイオードを用いた可変リアクタンス回路を用いて測定を行った。ここで図2(a)は1st modeのVR素子のリアクタンス値 \tilde{X}_1 のみ変化させた場合

($\tilde{x}_2 = 0$ は固定)の共振周波数の変化を示す。図 2(b) は 2nd mode の VR 素子のリアクタンス値 \tilde{x}_2 のみ変化させた場合($\tilde{x}_1 = 0$ は固定)の共振周波数の変化を示す。ここでは、VR 素子のリアクタンス値 \tilde{x} は特性インピーダンス 50Ω で規格化され、 $-2.0 \leq \tilde{x} \leq 2.0$ の範囲で変化させた。1st mode と 2nd mode 各々の共振周波数を独立して変化させることができ、実測値とシミュレーション値は概ね一致した。なお、可変リアクタンス素子装荷用素子の幅は $L = 8 \text{ mm}$ で一定とした。

4. 利得特性

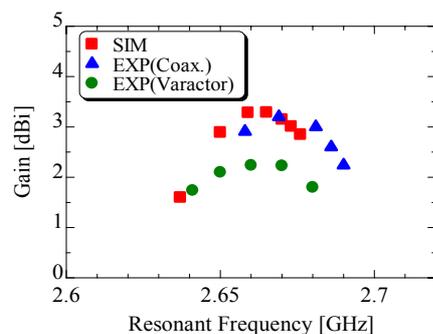
図 3 に試作アンテナの共振周波数に対する利得の変化を示す。なお、実験では同軸位相器とバラクタダイオードを用いた可変リアクタンス回路を使用して測定した。1st mode と 2nd mode のいずれについても、同軸位相器を用いた場合、利得はシミュレーション値と概ね一致しているが、バラクタダイオードを用いた場合はシミュレーション値より約 1 dBi ほど低下している。なお、シミュレーション値において利得が最大値から 1 dB 低下する帯域幅は 1st mode で $2.65 \text{ GHz} \sim 2.69 \text{ GHz}$ (比帯域 約 1.5%)、2nd mode では $3.735 \text{ GHz} \sim 3.81 \text{ GHz}$ (比帯域 約 2.0%) であった。

5. 放射パターン

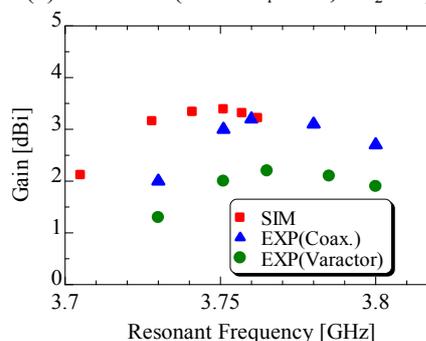
周波数制御動作時の放射特性の一例として、図 4 に各リアクタンス値における E 面放射パターンを示す。どのリアクタンス値においても良好な単向性のパターンを示し、シミュレーション値と実測値の値はほぼ一致した。交差偏波の実測値はシミュレーション値と比較してやや大きい値を示す傾向が見られた。なお、実測値には同軸位相器を用いたときの結果を示している。

6. むすび

2つのリング形素子からなる2周波共用リング型 MSA の各々の素子下部に VR 装荷用素子を配置して VR 素子を接続した2周波の周波数制御アンテナを提案し、各モードが独立して共

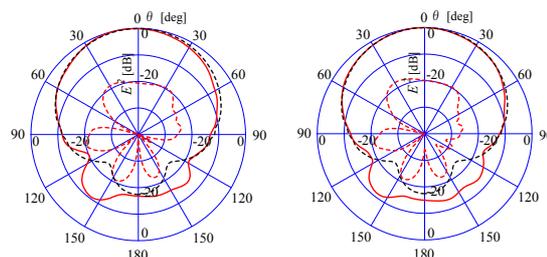


(a) 1st mode ($-2.0 < \tilde{x}_1 < 0.4$, $\tilde{x}_2 = 0$)



(b) 2nd mode ($\tilde{x}_1 = 0$, $-2.0 < \tilde{x}_2 < 0.4$)

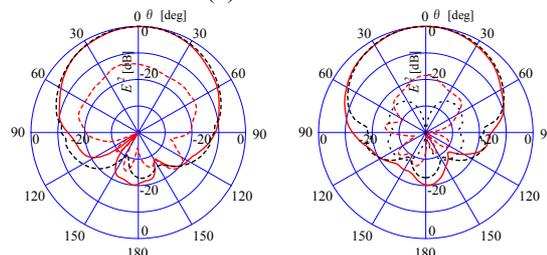
図 3 可変リアクタンス素子装荷 2 周波共用リング型 MSA の利得特性



@2.659GHz(Sim.)
@2.676GHz(Exp.)

@2.676GHz(Sim.)
@2.685GHz(Exp.)

(a) 1st mode



@3.728GHz(Sim.)
@3.812GHz(Exp.)

@3.756GHz(Sim.)
@3.842GHz(Exp.)

(b) 2nd mode

Co-pol. : — Exp., - - - Sim., X-pol. : ··· Exp., —— Sim

図 4 放射パターンの一例 (E 面)

振周波数の制御が可能であることをシミュレーションおよび実験の両面から示した。