

偏波共用スパイラルアンテナ

松永 真由美[†] 松永 利明[‡]

[†]愛媛大学大学院理工学研究科 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3

[‡]福岡工業大学情報工学部情報通信工学科 〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1

E-mail: [†]mmayumi@ehime-u.ac.jp, [‡]matunaga@fit.ac.jp

あらまし 円偏波と直線偏波を二つの周波数で共用できるスパイラルアンテナを紹介する。これまで、移相器を必要とせず、1ポート給電で円偏波を放射するクロス形状のスパイラルアンテナ(CSA)や、この CSA の周囲に同じくクロス形状の無給電スパイラルエレメントを配置した円および直線偏波共用アンテナを提案してきた。本論文では、給電素子としてダイポール、無給電エレメントとして CSA を用いることで、直線偏波特性および円偏波特性を向上させた新構造の CSA を紹介する。本アンテナは、GPS バンドである 1.57GHz において円偏波を、携帯電話バンドである 1.8GHz において直線偏波を放射する事ができ、これらの周波数において 10dB 以上のリターンロス特性を、また、3dB 以下の円偏波軸比を達成している。

キーワード 偏波共用, 周波数共用, 全方向性アンテナ, 平面アンテナ, 円偏波, ISM バンド, RFID, 携帯電話

A Double Polarization Spiral Antenna

Mayumi MATSUNAGA[†] and Toshiaki MATSUNAGA[‡]

[†]Ehime University 3 Bunkyo-cho, Matsuyama, Ehime 790-8577 Japan

[‡]Fukuoka Institute of Technology 3-30-1 Wajiro-Higashi, Higashi-ku, Fukuoka 811-0295 Japan

E-mail: [†]mmayumi@ehime-u.ac.jp, [‡]matunaga@fit.ac.jp

Abstract A double polarization spiral antenna that can be used at two or more frequencies is presented. The authors have invented a cross-shaped spiral antenna, CSA, that is a circularly polarization antenna fed by only one port and not having any phase shifters. By being close to a parasitic cross-shaped spiral element, the CSA has been developed that can radiate a circularly and linearly polarized waves. In this paper, a new structure of a double polarization CSA, that a dipole element is employed as a fed element to improve the polarization characteristics, is presented. The CSA radiates circularly polarized waves at 1.57 GHz, a GPS band, and linearly polarized waves at 1.8 GHz, a mobile phone band. It achieves the good enough performance as a mobile phone antenna that are more than 10 dB in return loss characteristics at whole utilized frequency bands and less than 3 dB in axial ratios of circularly polarized waves.

Keyword omni-directional antenna; multi-polarization; multi-frequency; planar antenna; ISM bands; RFID; mobile phone.

1. はじめに

スマートフォンやタブレット PC などの多機能無線通信携帯端末内には、様々な通信方式に対応したアンテナがひしめき合っている。携帯電話や Wi-Fi などの直線偏波を同時に送受信する、周波数共用直線偏波アンテナはこれまでも多数提案されてきた[1]。しかし、GPS の様に円偏波を用いているものや、RFID 等の様にあらゆる方向からの送受信が求められる通信システムにおいては、直線偏波アンテナとは別に円偏波に対応したアンテナが必要である。したがって、携帯用通信端末内部では直線偏波アンテナと円偏波アンテナが内蔵されているのが現状である。そこで発生するのが、

近接するアンテナ同士の干渉に起因するアンテナ性能の劣化である。この問題の解消のためには、偏波共用アンテナが有効である[2]-[9]。多くの偏波共用アンテナは、給電ポートが複数必要であったり、多層構造であったりする[2],[3]。

著者らは、直線偏波アンテナと同様に、1ポート給電で、移相器などの特殊回路を必要としない円偏波アンテナの提案を行ってきた[5]-[9]。これは、ループやスパイラルアンテナを、十字形状を成すように巻くことで形成され、その形状からクロススパイラルアンテナ(CSA)と呼んでいる。これまでに、この CSA に近接してクロススパイラル形状をした無給電素子を配置す

ることで、円偏波と直線偏波が共用出来るアンテナを提案してきた[8],[9]。

本論文では、従来の偏波共用 CSA に比べ偏波特性を改善した新構造の偏波共用 CSA を紹介する。本アンテナは、直線偏波特性と円偏波特性を改善するために、給電素子をダイポール形状とした、その周囲に CSA 構造のスパイラルエレメントを配置している。応用例として、GPS の 1.57GHz で円偏波、携帯電話バンドである 1.8GHz において直線偏波特性が得られるアンテナ構造とその特性を示す。このアンテナは、使用周波数において 10dB 以上のリターンロス特性、また 3dB 以下の円偏波軸比を達成している。

2. アンテナの構造

2.1. 基本構造

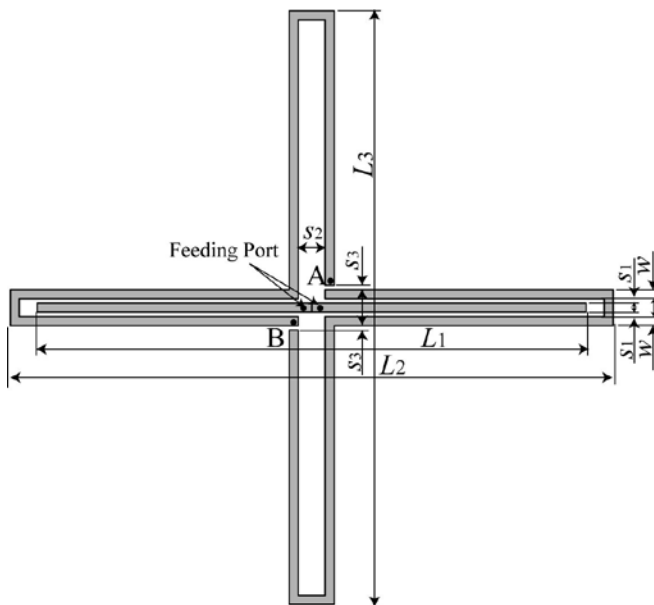


図 1 偏波共用 CSA の基本構造

Fig. 1 Drawing of the CSA basic design.

表 1 CSA の基本構造の寸法 (誘電体基板 $\epsilon_r:4.4$, $\tan\delta:0.016$, thickness:1.2mm を用いた場合)

Table 1 Dimensions of the CSA basic design. (In case the dielectric substrate whose ϵ_r is 4.4, $\tan\delta$ is 0.016, and thickness is 1.2mm is used.)

Part Name	Length
w	1.0 mm
L_1	61.0 mm
L_2	67.0 mm
L_3	66.0 mm
s_1	0.5 mm
s_2	3.0 mm
s_3	0.5 mm

図 1 は、本論文で紹介される偏波共用 CSA の基本構造を示す。給電されたダイポールアンテナの周囲に、

クロス形状に巻かれたスパイラルエレメントが巻かれている。このスパイラルエレメントは、無給電であり、図中 A および B の部分に小間隙が施されている。このような構成にすることで、中心のダイポールアンテナおよび、このダイポールに近接する部分のスパイラルエレメントの電磁界分布の作用により、周波数 f_1 において直線偏波を放射する。更に、主にスパイラルエレメント全体に励起される電磁界分布により周波数 f_2 および f_3 において良好な放射がなされる。この場合、 f_2 では、スパイラルエレメントの上下につきだした部分と左右につきだした部分それぞれに励起される電磁界分布に位相差がある為に、円偏波が放射される。また、 f_3 では、これらに位相差が無いために、垂直および水平の両偏波が放射している。ただし、 f_2 と f_3 の周波数間隔は、スパイラルエレメントの長さや形状に依存するため、エレメント詳細寸法を f_2 でリターンロスが得られる様に調整した時点でほぼ f_3 が決まる。

図 2 は、図 1 のアンテナの各部分の寸法を表 1 の様に設定した場合のリターンロス特性である。全ての周波数 f_1 から f_3 において、良好なリターンロス特性が得られていることが分かる。

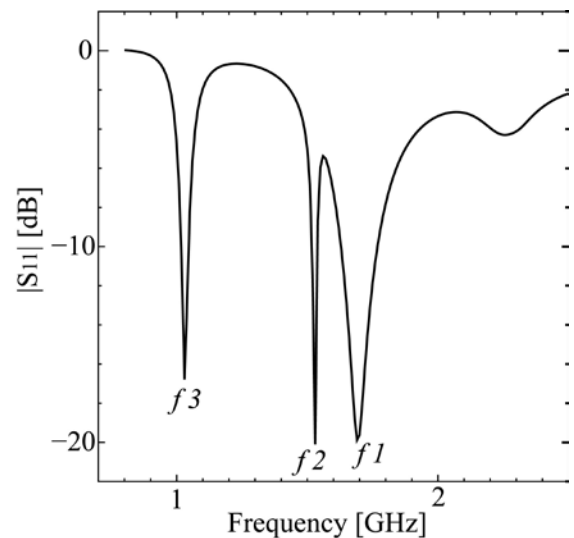


図 2 CSA 基本構造リターンロス特性

Fig. 2 Return loss characteristic of the CSA basic design.

2.2. 使用周波数の調整

それでは基本構造において得られたアンテナの動作周波数を、実用的な周波数へ調整する。ここでは、 f_1 として携帯電話バンドである 1.8GHz に、 f_2 として GPS バンドである 1.57GHz にそれぞれ設定する。なお、 f_3 は、この応用例では利用していない。まず、 L_1 および L_2 を基本構造の長さを基に f_1 が 1.8GHz となるように調整する。例えば、基本構造で得られる f_1 が、1.7GHz 近傍であることから、 L_1 および L_2 を約 0.94 倍

にする。次に、 L_3 を1mm程度 L_2 より短く設定する。更に、 L_1 の長さを調整することで、 f_1 と f_2 の周波数間隔を所望の間隔になるようにする。しかし、この調整によって、周波数が変化するので、最後に、 f_1 と f_2 がそれぞれ1.8GHzと1.57GHzになるように図1のスパイラルエレメント上点Aおよび点BにL字エレメントを接続することでスパイラルエレメントの全長を調整する。この追加エレメントの長さ L_4 (図3)を調整することで、所望の周波数へと設定する。

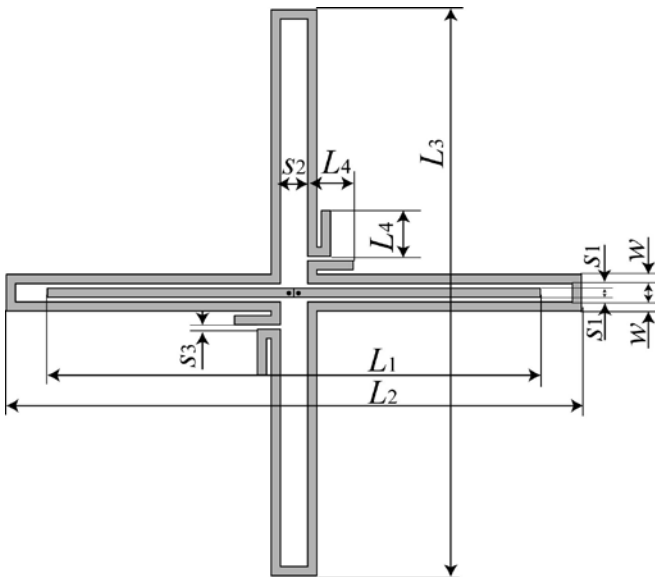


図3 偏波共用 CSA の応用構造

Fig. 3 Drawing of the CSA applied design.

表2 CSAの応用構造の寸法 (誘電体基板 ϵ_r :4.4, $\tan\delta$:0.016, thickness:1.2mmを用いた場合)

Table 3 Dimensions of the CSA applied design. (In case the dielectric substrate whose ϵ_r is 4.4, $\tan\delta$ is 0.016, and thickness is 1.2mm is used.)

Part Name	Length
w	1.0 mm
L_1	54.0 mm
L_2	63.0 mm
L_3	62.0 mm
L_4	5.0 mm
s_1	0.5 mm
s_2	3.0 mm
s_3	0.5 mm

図3が、調整の結果得られた偏波共用スパイラルアンテナである。なお、各部分の詳細寸法は表2に示す。

3. アンテナの特性

2.2節で紹介した図3の偏波共用スパイラルアンテナの設計パラメータを表2の様に設定した場合の特性を示す。図4は、リターンロス特性である。動作周波

数である1.57GHzおよび1.8GHzにおいて10dB以上の非常によくリターンロス特性が得られている。また、それぞれの帯域幅も使用する通信システムを十分にカバーするものとなっている。

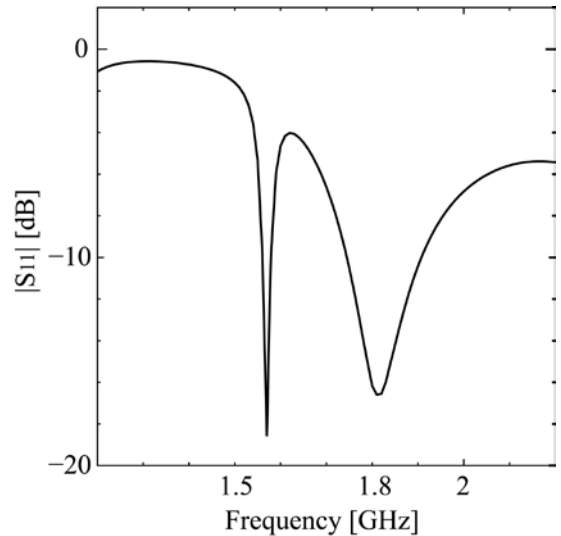


図4 CSA 応用構造リターンロス特性

Fig. 4 Return loss characteristic of the CSA applied design.

図5は、1.8GHzにおける放射指向性を主偏波および交差偏波に分けて示している。図6は、1.57GHzにおける放射指向性を右旋偏波および左旋偏波成分に分けて示している。更に、図7に、図6の放射特性を円偏波軸比に直して示している。

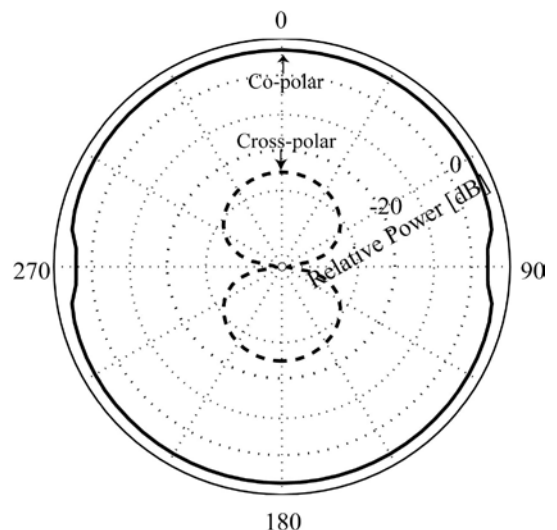


図5 $\phi=90^\circ$ 面の放射特性(1.8GHz)

Fig. 5 $\phi=90^\circ$ cut. Intensity distribution at 1.8 GHz, LP waves.

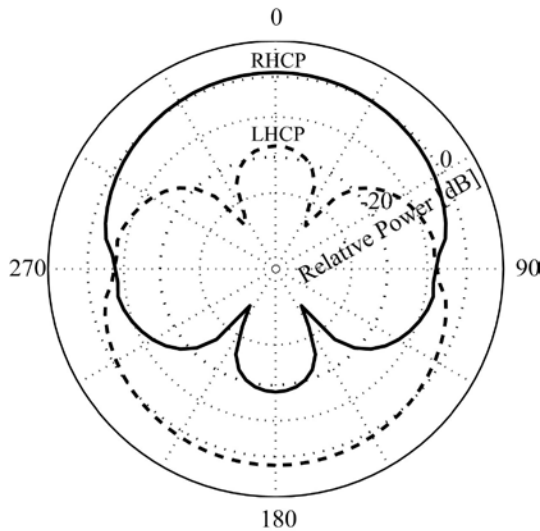


図 6 $\phi=90^\circ$ 面の放射特性(1.57GHz)

Fig. 6 $\phi=90^\circ$ cut. Intensity distribution at 1.57 GHz, CP waves.

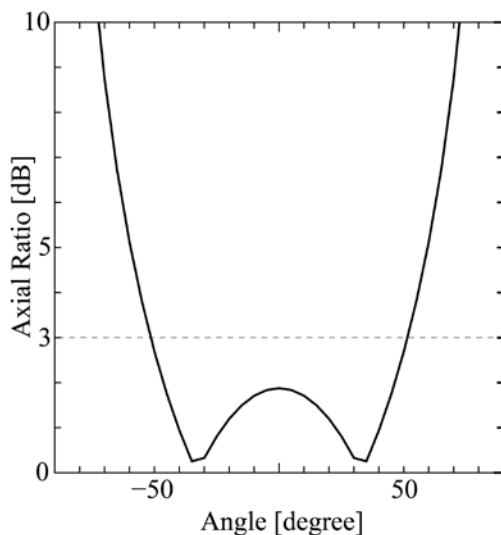


図 7 1.57GHzにおける円偏波軸比

Fig. 7 AR at 1.57 GHz, CP waves.

4. まとめ

給電されたダイポールエレメントの周囲に無給電のCSAを配置することで円偏波と直線偏波が2つの周波数において放射するアンテナを紹介した。ダイポールエレメントの周りにループアンテナを配置するのは、本来ダイポール上に分布した電磁界分布を乱し、ダイポール固有の特性を発揮することができない。その為、ダイポールの周囲にループやスパイラル形状の無給電素子を配置することは難しい。そこで、本論文では、周囲のスパイラルの所々に小間隙を設けることで、ダイポール形状による良好な直線偏波性と、CSA形状による良好な円偏波特性を共存させることに成功した。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金「若手研究(A)」(21686035)の助成により行った。

文 献

- [1] Y. Kim, H. Morishita, Y. Koyanagi, and K. Fujimoto, "A Folded Loop Antenna System for Handsets Developed and Based on the Advanced Design Concept," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E84-B, no. 9, pp. 2468- 2475, Sep., 2001.
- [2] 塚本活也, 新井宏之, "平面型偏波共用アレーアンテナの特性," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J79-B2, No.8, pp.476-485, 1996
- [3] 羽石操, 今野恵, 矢作潤一, "ドッグボーンスロットにより励振される偏波共用平面アンテナ," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J85-B, No.6, pp.953-961, 2002
- [4] A. Nestic, V. Brankovic and I. Radnovic, "New Circularly Polarized Planar Printed Antenna with Conical Radiation Pattern," Proc. Of IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, pp. 1438-1441, vol. 3, 1998.
- [5] 松永真由美, 松永利明, "全方向性UHF帯アンテナ," 信学技法, SPS2008-16, pp.23-26, 2009
- [6] M. Matsunaga, T. Matsuoka and T. Matsunaga, "A Suggested Shape of Spirals for Expanding the Half-Power Beamwidths of UHF Band RFID's Planar Spiral Antennae," Proc. of International Symposium on Antennas and Propagation, pp. 1422-1425, Oct. 2008.
- [7] M. Matsunaga, T. Matsunaga, "A New Design of Circular Polarized Planar Antennae," Proc. of 2010 International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (Fukuoka, Japan), pp.612-615, 2010.
- [8] M. Matsunaga, K. Kakemizu, M. Candotti and T. Matsunaga, "An Omni-Directional Multi-Polarization and Multi-Frequency Antenna," Proc. 2011 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Spokane, USA, pp. 2765 - 2768, July, 2011.
- [9] Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu and Toshiaki Matsunaga, "A cross shaped spiral antenna radiating omnidirectional circularly and linearly polarized waves", *IEICE Electron. Express*, Vol. 9, No. 4, pp.256-262, March, 2012.