

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06070

研究課題名(和文) モバイル機器へのマイクロ波無線電力伝送に適した機能レクテナの研究

研究課題名(英文) Functional rectennas suitable for microwave wireless power transmission to mobile devices

研究代表者

西山 英輔(Nishiyama, Eisuke)

佐賀大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30295026

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、モバイル機器へのマイクロ波無線電力伝送に適した機能レクテナの実現を推進するために、到来電波の偏波面によらずに受信できるマルチ偏波受信機能や広範囲の角度で受信できる広角指向性受信機能を有する機能レクテナを提案した。その結果、提案したレクテナが、あらゆる偏波を受信し整流できる特性、広い範囲から到来する電波を受信し整流できる特性を有していることを確かめた。それは、指向性のロバスト性が向上し、よりモバイル機器への適応度が増したことを示す。

研究成果の概要(英文)：In this research, novel rectennas suitable for microwave wireless power transmission to mobile devices are proposed and basic characteristics are discussed. The "both-sided MIC technology" is successfully employed in this rectennas to achieve useful functions for mobile devices with simple structure. The rectennas are design and fabricated. The characteristic of the rectennas are investigated experimentally. It is confirmed that the proposed rectennas have a multi polarized wave reception function or a wide angle reception function. The proposed rectennas have good performances for mobile devices.

研究分野：アンテナ工学

キーワード：レクテナ 無線電力伝送 マイクロストリップアンテナ マイクロ波

1. 研究開始当初の背景

本研究の中心となるのは、電磁波を利用した電力の無線伝送のための新しい機能を有するレクテナの提案とその実用性の検証である。レクテナは、マイクロ波から電力変換する装置で、現在世界的に研究開発が進められている。一般には、レクテナは主にアンテナ部と直流変換回路部から構成される。そのレクテナのアンテナ部の静的な特性により、効率的に運用を行うためには、到来波に対しレクテナの偏波面や指向性を一致させる必要がある。そのために、現在のところ固定局による電力伝送が利用環境条件となっており、ユビキタス社会推進の原動力となるモバイル機器へのマイクロ波無線電力伝送には、この問題点の解決が望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、到来電波の偏波面によらずに受信できるマルチ偏波受信機能や広範囲の角度で受信できる広角指向性受信機能を有する機能レクテナを提案する。これにより、偏波面や指向性のロバスト性が向上し、マイクロ波無線電力伝送のモバイル機器への応用が期待できる。

3. 研究の方法

本研究の基本となる機能レクテナの基礎性能の検討を行う。到来する電波の偏波や到来方向に対する直流出力変換効率を電磁界シミュレータと実験で求め、提案したレクテナが、所望の機能を有することを確かめる。さらに、変換効率の向上のためにアレー構成、宮殿回路、整流回路や高調波抑圧について再検討を行う。

まず提案するマルチ偏波機能レクテナと広角指向性機能レクテナにおいて、それぞれ多偏波の受信機能と広角指向性受信機能の実現性について、その基本特性を調べ検証する。実験により所望の機能の実現性を確かめ、電磁界シミュレータと等価回路による解析で、実験値の妥当性と動作原理を把握する。つぎに、それぞれの機能レクテナについて最適化について検討する。アンテナ素子の配列間隔、線路の特性インピーダンス、ダイオード特性との整合性などにおいて、アンテナ機能やRF-DC変換効率との関係について精密に調べる。さらには、大出力を得るための大規模アレーについて検討を行う。

4. 研究成果

マルチ偏波機能レクテナと広角指向性機能レクテナについて、まずそれぞれのレクテナの給電回路を含むアンテナ部の受信特性をシミュレータで計算し設計を行った。それを基に実験モデルを製作し、実験によりそれらの基本特性を測定した。

(1)マルチ偏波機能レクテナ(図1)では、4つのマイクロストリップアンテナ素子を正方

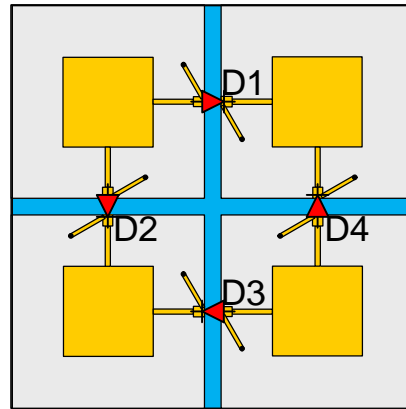


図1 マルチ偏波機能レクテナ

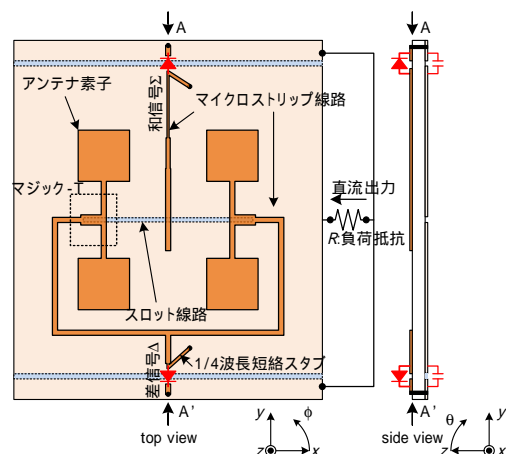


図2 広角指向性レクテナ

配列しそれぞれを給電線で整流用ダイオードを介して接続している。この構成によりあらゆる偏波を受信し整流することができ、かつディファレンシャル動作で低電界強度の条件下でも効率よくDCが変換できる。基礎実験において提案のレクテナがマルチ偏波機能を持つことを確かめた。

(2)広角指向性機能レクテナ(図2)では、2つのアンテナ素子を Magic-T 回路で接続することで、それぞれで受信した電波を和と差で合成出力し、それぞれをダイオードで整流する。これにより、広角性を実現する。基礎実験において提案のレクテナが広角指向性機能を持つことを確かめた。

(2-1)広角指向性機能レクテナの高機能化の検討を行った。我々は今までに2次元の広角指向性をもレクテナを提案し、その実用性を実証してきた。

(2-2)実用性の向上のために、3次元広角指向性について検討を行った。我々は、今までにマイクロ波機能回路の一つである平面型マジックT回路をマイクロストリップアレーアンテナの給電回路と複合することで2次元広

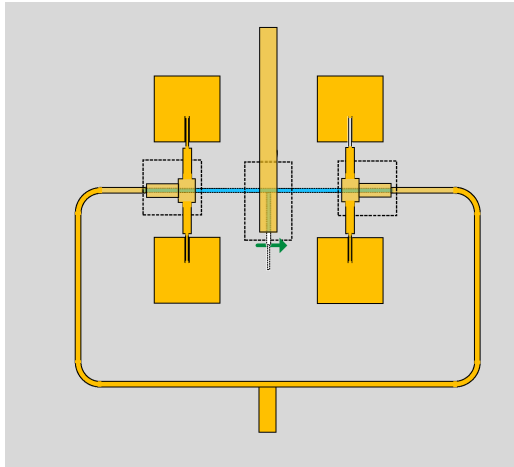


図3 拡張型広角指向性レクテナ

角指向性を実現する技術を示した。この技術をさらに発展させ、3次元の広角指向性を実現するために、新たな仕組みのマジックT回路を提案し、その効果を検証した。

まず、アレーアンテナのみの特性について検討を行った。4素子のマイクロストリップアンテナに直交する3つの給電回路で構成したアレーアンテナを検討した。このアレーアンテナは、2種類のマジックTを給電回路に用いることで、ひとつのアンテナで3つの入力ポートを持ち、それぞれの給電回路に信号を入力した場合に、それぞれ異なる指向性を有する。それらを組み合わせて指向性を合成することで、広角な指向性を実現できる。このアンテナをレクテナ(図3)のアンテナ部に適用することで広角な受信特性となる。このアンテナを試作し、その特性を実験で調べ、良好な角度特性を確かめた。図4に試作したアンテナの指向性の測定例を示す。各入力ポートに対しそれぞれ異なる指向性を有している。電波の到来方向が正面からずれても別のポートで受信することが可能になる。それは、指向性のロバスト性が向上し、よりモバイル機器への適応度が増したことを示す。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

H. Satow, Y. Tanaka, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "Design of an In-Phase/Anti-Phase Triple-Feed Array Antenna Using Two Types of Magic-Ts," *IEICE Communication Express*, vol.5, no.11, pp.413-417, November 2016.

[学会発表](計9件)

T. P. Phyo, H. Satow, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "5.8 GHz Rectifier Circuit for Electromagnetic Energy Harvesting System," *Proceedings of 2017*

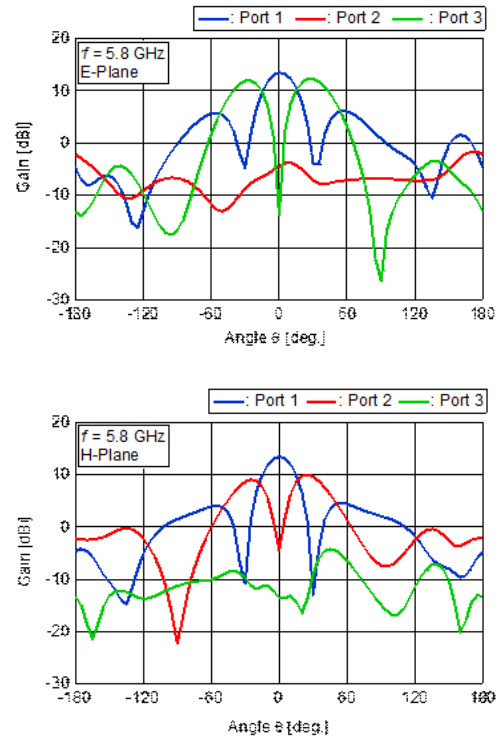


図4 アンテナの指向性

International Symposium on Antennas and Propagation Conference, 1230, Phuket Thailand, November 2017.

T. P. Phyo, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "Performance Comparison of Conical/Pencil Dual-Beam Array Antennas Using Two Different Types of Planar Magic-Ts," *Proceedings of the 2017 IEICE Society Conference*, B-1-74, September 2017.

T. P. Phyo, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "Design of a Conical/Pencil Dual-Beam Array Antenna Using Planar Magic-Ts," *Proceedings of the 2017 Asian Workshop on Antennas and Propagation*, pp.57-58, Sapporo Japan, June 2017.

T. P. Phyo, H. Satow, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "Performance Improvement of a Dual-Axis Wide-Angle Rectenna Using Matching Networks," *IEICE Technical Report (Technical Committee on Wireless Power Transfer)*, vol.117, no.85, pp.11-16, June 2017.

佐藤博, 西山英輔, 豊田一彦, "スロット T 型マジック T を用いて構成した H 面広角レクテナの特性改善," *電子情報通信学会技術研究報告(無線電力伝送研究会)*, vol.116, no.398, WPT2016-51, pp.51-56, 2017年1月.

H. Satow, Y. Tanaka, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "An H-Plane Wide-Angle Rectenna Using an In-Phase/Anti-Phase Dual-Feed Antenna," *Proceedings of 2016*

International Symposium on Antennas and Propagation Conference, pp.532-533, POS1-124, Okinawa Japan, October 2016.

佐藤博,田中裕喜,西山英輔,豊田一彦,“2種類の平面型マジック T を用いた同相・逆相 3 給電アンテナの提案,” 2016 電子情報通信学会総合大会, B-1-50, 2016 年 3 月.

H. Satow, E. Nishiyama, and I. Toyoda, “Gain Enhancement of a Dual Feed Microstrip Array Antenna Using Parasitic Elements,” Proceedings of 2015 International Symposium on Antennas and Propagation Conference, S5.9.1, pp.761-764, Hobart Australia, November 2015.

佐藤博,西山英輔,豊田一彦,“同相・逆相 給電マイクロストリップアレーアンテナの無給電素子を用いた高利得化,” 2015 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-39, 2015 年 9 月.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

西山 英輔 (NISHIYAMA, Eisuke)

佐賀大学・理工学部・准教授

研究者番号：30295026

(2)研究分担者

豊田 一彦 (TOYODA, Ichihiko)

佐賀大学・理工学部・教授

研究者番号：80612663

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()