

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04624

研究課題名（和文）無線電力伝送システムの広ダイナミックレンジ化の研究

研究課題名（英文）WPT Design Challenges for Wide Dynamic Range Operation

研究代表者

西川 健二郎（NISHIKAWA, KENJIRO）

鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：80610245

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、マイクロ波を用いた無線電力伝送(WPT)システムにおける主要な課題の1つである整流回路の入力電力分散特性を解決し、耐伝送環境変動に強いWPTシステムを構築するための、整流回路技術を新たに構築することにある。上記課題を解決するために、1)回路設計技術、2)入力信号波形、3)デバイスレベルでの最適化の3つのアプローチから取り組み、1)では、デバイスパラメータとダイナミックレンジのモデル化、2)では、変調信号が整流特性へ与える影響を明らかにした。3)では、デバイス構造と整流回路のコシミュレーション環境を構築し、デバイス・回路構成の最適化手法を確立した。本発表成果は37報である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は無線電力伝送、電磁波ハーベスティングにおいて、主要な課題の1つである整流回路の入力電力分散特性を解決し、耐伝送環境変動に強いWPTシステムを構築するための基礎技術の確立も目指したものである。得られた成果は、上記課題を解決するに十分な効果を得るものであると共に、整流回路の新しい構成を提案している。変調信号と整流動作の関係を初めて明らかにすると共にその関係のモデル化を実現している。広ダイナミックレンジ整流動作に最適なGaNダイオード構造の構造を明らかにし、デバイスと整流回路のコシミュレーション環境を構築、世界最高性能の整流回路を実現している。また、整流回路の性能指標FOMを提案した。

研究成果の概要（英文）：This research aims to solve the input power dispersion characteristics of rectifier circuits, which is one of the major issues in microwave-based wireless power transmission (WPT) systems, and to develop new rectifier circuit technology to construct WPT systems that are tolerant to transmission environment fluctuations. In order to solve the above issues, we have taken three approaches: 1) circuit design techniques, 2) input signal waveforms, and 3) optimization at the device level. In 3), a co-simulation environment for device structures and rectifier circuits was constructed, and an optimization method for device and circuit configurations was established. Total number of published papers/conferences is 37.

研究分野：マイクロ波工学

キーワード：無線電力伝送 整流回路 ダイナミックレンジ GaN 変調信号 パルス

1. 研究開始当初の背景

無線電力伝送（以下 WPT と示す）技術は携帯電話や RFID への電力伝送技術として実用化，商品化が進展しており，今後，電気自動車，体内医療機器等医療応用，無線センサネットワーク / 無線ヘルスマonitoring システムへの応用が期待される．また，無線センサネットワーク，医療応用に向けて電力伝送と同時に情報を伝送する無線電力情報同時伝送（Wireless Communication and Power Transmission: WiCoPT と示す）技術についても同一周波数または複数周波数利用によるシステムの研究開発が進められている．さらに，ロケット，人工衛星，惑星探査ローバ等の宇宙機分野においては装置の軽量化が必須であり，ハーネス，ケーブルの削減が主要課題であり，WiCoPT システムは課題解決のキーとなる研究技術分野である．WPT システムでは特に受信機側の高周波信号を DC に変換する整流回路の性能向上がシステム性能全体の向上にとって重要である．整流回路は主にダイオードを用いて構成されるため，その性能（RF-DC 変換効率）は入力電力に大きく依存する．図 1 は K. Chang（テキサス大）らが示した整流回路の変換効率の入力電力依存性を示した概念図であり，Diode Maximum Efficiency はある入力電力値で変換効率の最大値を持つ特性となる．従って，入力電力が設計点とずれると特性が大きく劣化するという課題がある．これは電磁誘導，磁界結合，マイクロ波を用いたいずれの WPT システムにおいても，送受間の位置ずれや不整合等による入力電力変動により，整流回路の性能が安定しないことを示している．また，WiCoPT システムでは変調信号伝送により，入力電力レベルが常に変動するため，整流回路の性能が低下する．

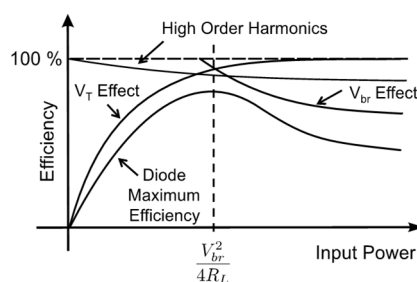


図 1 整流回路の入力電力依存性

整流回路の効率改善策として 1) デバイス，2) 回路構成，3) 電力伝送信号の波形処理の 3 つの観点から研究開発が進められている．いずれも低入力電力時の整流回路の効率向上を主な目的としたものであり，最高効率が低い，高入力信号時に対応できない，外部電源が必要等の課題があり，効率，ダイナミックレンジの点では一層の性能向上が必要である．1) デバイス分野では閾値電圧の極めて小さい zero-bias ダイオードを使用した整流回路等が国内外の機関から複数提案されている．2) 回路構成分野では Charge pump 型整流回路，共振器を用いる構成，スイッチを用いて整流回路そのものを切替る構成，整流回路で得た電力をデバイス駆動にフィードバックし，擬似的に電力レベルの大きい信号が入力された状態とする自己バイアス型構成等が国内学の機関から提案されている．3) 電力伝送信号の波形処理分野では，パルス信号伝送，複数周波数信号の同時伝送，カオス信号伝送等が欧州，北米の大学より報告されている．

2. 研究の目的

モバイル機器の発達や IoT デバイスの普及によりマイクロ波を用いた無線電力伝送 (WPT) システムは次世代の電力供給システムとして極めて注目度が高い技術分野である．WPT システムでは電力伝送環境により受信側で受け取る電力レベルが大きく変動する．しかしながら，WPT システム受信側のコアである整流回路は，それを構成する非線形デバイス (ダイオードやトラン

ジスタ)の特性により,一定の入力電力範囲でしかマイクロ波 DC 変換効率が良好な値を得られないという致命的な課題がある.すなわち,整流回路には入力分散特性がある.本研究では,整流回路の入力分散特性を解決し,入力電力に依存しない整流回路およびそれをコアとしたWPT 受信システムを提案・実現することである.言い換えると,耐伝送環境変動に強いWPT システムを構築することである.マイクロ波回路においては,整流回路以外のその他マイクロ波回路も含めて,入力電力分散を解決した例はなく,本研究は学術的に極めて独自性,独創性が強いテーマである.

3. 研究の方法

整流動作を行う半導体デバイスの非線形特性により制限される動作ダイナミックレンジを拡大するために以下の3つのアプローチを用いて,整流器の飛躍的な性能向上を目指すとともに,整流器動作解析により設計技術を確立する.

(1)回路設計技術からのアプローチ

ドハティ型,シーケンシャル型,バラクタチューナブル型等の整流回路技術の性能限界点を明らかにするとともに,上記構成を組合せ,もしくは改良による整流回路の性能向上を実現する.新たに電力分散に対応した分布型整流回路,デジタルアシスト整流回路についても検討する.後述の整流用ダイオードの最適構造検討と組合せて検討を進める.

(2)入力信号波形制御からのアプローチ

変調信号,パルス信号等種々な信号入力時の整流回路の性能変動を入力信号特性(変調方式,データ速度,帯域,パルス特性,電力レベル等)と整流回路特性(変換効率,負荷,ダイオードデバイス性能,回路構成,反射特性等)を明らかにし,時間領域・周波数領域での信号波形とRF-DC 変換効率の関係を構築・モデル化する.構築するモデルを用いて,データ伝送及びエネルギー変換効率の限界点を明らかにする.

(3)デバイスレベル最適化のアプローチ

広ダイナミックレンジ整流動作を実現するダイオードの特性,構造をデバイス・材料レベルで見直し,最適なダイオード構造,ダイオード特性を数値解析およびデバイスシミュレーションにより明らかにするとともに等価回路モデルを構築する.また,ダイオード構造,特性の最適化と整流回路構成の最適化をシンクロして行うコシミュレーション環境を構築する.

4. 研究成果

(1) 簡略化した等価回路モデルから動作原理,最適負荷条件を明らかにするとともに,市販のショットキーダイオード非線形モデルを用いた整流回路を回路シミュレータを用いて解析した.また,使用するデバイスの組合せとダイナミックレンジの関係をモデル化し,ダイナミックレンジ特性の限界値を明らかにした.ドハティ型,シーケンシャル型に代表される並列接続型整流回路において,両パスで使用するダイオード特性(ダイオードの閾値及び耐圧)と整流回路全体のダイナミックレンジ性能をシミュレーション,等価回路モデルを用いて明らかにし,所望ダイナミックレンジ特性を得るための回路設計指針を示した.5.8GHz,28GHz 帯および94GHz 帯整流回路を設計・試作し,世界トップ性能を実現できることを確認した.

(2) 各種変調信号の生成モデルを構築するとともに,シングル・シャント型整流回路を用いて,

それら変調信号特性と整流回路特性の関係を明らかにした。回路シミュレータを用いて QPSK 等変調信号の伝送レートと整流回路変換効率の関係を明らかにした。また、パルス変調信号(パルス波形)と整流回路動作・変換効率の関係を明らかにし、パルス変調信号に含まれる高調波信号の振幅、位相が変換効率に影響を及ぼすことを明らかにした。QPSK 等の変調信号における信号帯域と整流回路変換特性の関係を明らかにし、入力電力に対して、変換効率が CW 信号に対して改善される変調帯域幅があることを示した。また、パルス変調信号においては、パルス信号に含まれる高調波成分、特に 3 次高調波成分の振幅、位相が変換効率に最も影響を与えることを明らかにし、パルス波形の制御により変換効率をコントロールできることを示した。

(3) GaN ダイオードのデバイスモデルを用いて、デバイス構造とシングル・シャント整流回路のコシミュレーション環境を構築した。コシミュレーションにより、整流回路特性に最適なデバイス構造を明らかにすることが可能となった。最大変換効率を実現するダイオードのアクセス層の幅と厚さの最適値を明らかにするとともに、そのダイオードを用いた整流回路において、世界最高性能のダイナミックレンジ特性を実現した。ダイオードのアクセス層を最適化することにより、耐圧 150V を実現する GaN ダイオードにおいて RF-DC 変換特性 90%以上を実現できることを示した。整流回路とのコシミュレーションにより、5.8GHz 帯整流回路において、ダイナミックレンジ幅 30dB、最大入力電力 44dBm を実現した。また、整流器のダイナミックレンジ特性を比較評価する FOM を提案(図 2 参照)した。市販 GaN デバイスを用いた整流回路特性をシミュレーションにより計算し、提案モデル・コシミュレーション設計手法の精度確認を実施するとともに、提案デバイス構成との性能比較を実施した。市販デバイスでの限界点と提案デバイス構成の比較を実施し、提案構成の優位性を明確にした。

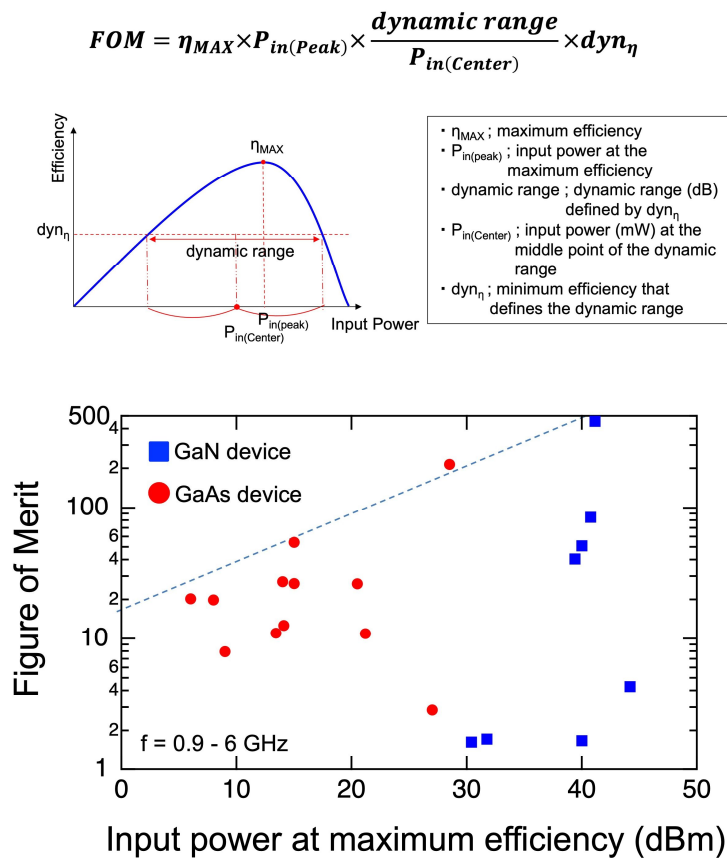


図 2 FOM による性能比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ren Furumoto, Daisuke Yasunobu, Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2022
2. 論文標題 Analysis of the operation of a Hybrid amplifier based on the Doherty amplifier	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Asia-Pacific Microwave Conference	6. 最初と最後の頁 737-739
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APMC55665.2022.9999861	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Riku Maeda, Satoshi Yoshida, Kenjiro Nishikawa, Shigeo Kawasaki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Demonstration of a 920 MHz Band Wireless Sensor System Powered by 5.8 GHz Band Wireless Power Transmission	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Asia-Pacific Microwave Conference	6. 最初と最後の頁 578 - 580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APMC55665.2022.9999752	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Satoshi Yoshida, Mizuki Kuwata, Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2022
2. 論文標題 Measurement of a 60-GHz-Band Digital Beamforming Array Using 4-by-2 Circular Patch	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 International Symposium on Antennas and Propagation	6. 最初と最後の頁 539-540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISAP53582.2022.9998698	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Satoshi Yoshida, Shunya Asakura, Shuhei Yamanokuchi, Kenjiro Nishikawa	4. 巻 32
2. 論文標題 152.6% Fractional Bandwidth UHF-to-Microwave Band Compact Rectifier Utilizing the Conditions for Flat Frequency Characteristics of RF-DC Conversion Efficiency	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Microwave and Wireless Components Letters	6. 最初と最後の頁 595 - 598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMWC.2022.3143844	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Teruki Yabuta, Satoshi Yoshida, Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2022
2. 論文標題 Dual-band Wireless Power Transfer System for Simultaneous Wireless Information and Power Transfer System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Wireless Power Transfer Conference	6. 最初と最後の頁 885-886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WPW54272.2022.9901355	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yotaro Watanabe, Shintaro Miya, Taishi Nara, Satoshi Yoshida, Shigeo Kawasaki, Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2022
2. 論文標題 Investigation of Transmission Efficiency on Short-range 4x4 MIMO WiCoPT System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Wireless Power Transfer Conference	6. 最初と最後の頁 853-856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WPW54272.2022.9901357	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shuya Asakura, Shuhei Yamanokuchi, Satoshi Yoshida, Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2022
2. 論文標題 Design and Prototyping of a Single-Shunt Rectifier with 71% Fractional Bandwidth Having Acceptable Matching on 10 dBm LSSP	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Wireless Power Transfer Conference	6. 最初と最後の頁 383-387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WPW54272.2022.9853949	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Satoshi Yoshida, Shunya Asakura, Shuhei Yamanokuchi, and Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2022
2. 論文標題 152.6% Fractional Bandwidth UHF-to-Microwave Band Compact Rectifier Utilizing the Conditions for Flat Frequency Characteristics of RF-DC Conversion Efficiency	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Microwave and Wireless Components Letters	6. 最初と最後の頁 Early access
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMWC.2022.3143844	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Furumoto Ren, Shimizu Hayato, Nishikawa Kenjiro	4. 巻 2021
2. 論文標題 Design of 94GHz High Efficiency Rectifier MMIC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)	6. 最初と最後の頁 302-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APMC52720.2021.9661998	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koshi Hamano, Hayato Shimizu, and Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2021
2. 論文標題 Analysis of Phase Offset Impact on Millimeter-wave Broadband Doherty Amplifier MMIC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT)	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/RFIT52905.2021.9565245	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Satoshi Yoshida and Kenjiro Nishikawa	4. 巻 2021
2. 論文標題 Expansion Technique of the Beamforming Area for 60-GHz-Band Beamforming Array Antenna in Mobile Wireless Terminal Application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 13th Global Symposium on Millimeter-Waves & Terahertz (GSMM)	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/GSMM53250.2021.9511914	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Satoshi Yoshida, Mizuki Motoyoshi, Suguru Kameda, Noriharu Suematsu, Kenjiro Nishikawa, and Shigeo Kawasaki	4. 巻 20
2. 論文標題 Expansion of the Beamforming Coverage Area in an Elevation Plane for 60-GHz-Band 3D Beamforming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters	6. 最初と最後の頁 773-777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LAWP.2021.3063098	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Satoshi Yoshida, Suguru Kameda, Noriharu Suematsu, and Kenjiro Nishikawa	4. 巻 16
2. 論文標題 Re-Evaluation of a Dual-Feed Linear Polarized 2-by-2 Circular Patch Array Antenna for 60-GHz-Band Digital Beamforming Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING	6. 最初と最後の頁 1653-1655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23478	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Obara Takuya, Yoshida Satoshi, Nishikawa Kenjiro, Kawasaki Shigeo	4. 巻 2020
2. 論文標題 Analysis and Optimization of GaN Diode Structure for High Power and High Efficiency Rectifier	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 XXXIIIrd General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/URSIGASS49373.2020.9232376	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li Runyuan, Yoshida Satoshi, Suzuki Yasunori, Okazaki Hiroshi, Nishikawa Kenjiro	4. 巻 2020
2. 論文標題 Investigation of Rectifier Operation with Harmonic Controlled Input Signals towards Pulse Modulation WiCoPT System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT)	6. 最初と最後の頁 187-189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/RFIT49453.2020.9226251	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Satoshi, Matsuura Kentaro, Kobuchi Daisuke, Yabuta Naoto, Nakaoka Toshihiro, Nishikawa Kenjiro, Kawasaki Shigeo	4. 巻 2020
2. 論文標題 The K-Band Communication Transmitter/Receiver Powered by the C-Band HySIC Energy Harvester with Multi-Sensors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (IMS)	6. 最初と最後の頁 1180-1183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IMS30576.2020.9223930	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Satoshi, Nishikawa Kenjiro, Kawasaki Shigeo	4. 巻 30
2. 論文標題 C-Band Frequency-Tunable Rectifier Designed by HySIC Concept Utilizing GaAs MMIC and Si RFIC	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Microwave and Wireless Components Letters	6. 最初と最後の頁 997 ~ 1000
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMWC.2020.3020083	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 渡辺 瑛太郎, 宮 伸大朗, 西川 健二郎
2. 発表標題 アンテナの給電点に着目した MIMO WiCoPT システムの伝送特性向上に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告 MW研究会202105
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古本 廉, 清水 駿斗, 西川 健二郎
2. 発表標題 94GHz 帯高効率整流回路 MMIC の設計
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告 MW研究会202107
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山之口周平, 朝倉俊哉, 吉田賢史, 西川健二郎
2. 発表標題 多段マッチング回路による1 GHz 帯広帯域整流器の試作・評価
3. 学会等名 第74 回電気・情報関係学会九州支部連合大会 06-2A-05
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shunya Asakura, Shuhei Yamanokuchi, Satoshi Yoshida, and Kenjiro Nishikawa
2. 発表標題 Design and Analysis Results of a 1-GHz-Band Wideband Rectifier using a Multi- stage Type Matching Circuit
3. 学会等名 2021 IEICE Thailand-Japan Microwave Student Workshop 1B-5
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenjiro Nishikawa and Satoshi Yoshida
2. 発表標題 Rectifier Design Challenges Towards Wide Dynamic Range Performance
3. 学会等名 2020 IEEE International Symposium on Radio Frequency Integrated Technology (RFIT) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田知明, 鈴木絢子, 吉田賢史, 西川健二郎
2. 発表標題 パルス波形制御 4x1 MIS0磁気共鳴ビームフォーミングWPTに向けた基礎検討
3. 学会等名 2021年電子情報通信学会総合大会 B-20-15
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoaki Harada, Ayako Suzuki, Satoshi Yoshida, and Kenjiro Nishikawa
2. 発表標題 Characteristics of 4x1 MIS0 Magnetic Resonance Beamforming WPT using Square and Pulse waves
3. 学会等名 2020 Asian Wireless Power Transfer Workshop (AWPT2020) A-2 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李 潤源, 吉田 賢史, 鈴木 恭宜, 岡崎 浩司, 西川 健二郎
2. 発表標題 パルス変調信号を用いた WiCoPT システム実現に向けての整流器動作の解析
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告 MW研究会202004
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------