

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06373

研究課題名(和文) 第5世代移動体通信のための多周波数共用マイクロ波・ミリ波フィルタに関する研究

研究課題名(英文) Studies on Microwave and Millimeter-Wave Multi-Band Filters for the 5G Mobile Communications

研究代表者

馬 哲旺 (MA, ZHEWANG)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：40282909

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：多数の新しいマイクロストリップマルチモード共振器とマルチバンド帯域通過フィルタ(BPF)、ディファレンシャルBPF、及びダイプレクサを提案、設計、試作した。マルチバンドの中心周波数や帯域幅の自由な設計が可能で、複数の伝送零点も生成され、優れたフィルタ周波数特性が実現できた。また新しい小型デュアルバンドフィルタリング電力分配器(FPD)と広帯域有極型FPDを提案設計試作し、所望の電力分配特性、周波数選択性、及びアイソレーションを達成した。さらに、周波数特性の顕著な改善が得られた広帯域整合回路、広帯域BPF及び一般化チェビシェフ特性を持つ帯域阻止フィルタを提案設計試作し、所望の回路特性を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案、開発した多周波数共用帯域通過フィルタ、多周波数共用フィルタリング電力分配器等の回路は、従来の回路構造と設計手法で達成できていない優れた性能を実現した。これらの多周波数共用・多機能マイクロ波回路は、従来の通信システムをより小型・軽量・高性能・低コストにすることを可能にし、将来の無線通信システムに広く利用されることが十分期待できる。また、本研究で提案した多周波数共用・多機能・広帯域マイクロ波回路の設計理論と手法は、精度が高く効率も良いため、今後この種の高周波回路の研究開発に多いに役立つことも期待できる。

研究成果の概要(英文)：A number of novel microstrip multi-mode resonators, multi-band bandpass filters (BPFs), differential BPFs, and a diplexer are proposed and tested. The center frequencies and bandwidths of the multi-bands can be designed independently, and as multiple transmission zeros are produced, very good filter performances are realized. Moreover, novel compact dual-band filtering power dividers (FPDs) and wideband FPDs are proposed and tested, and the desired power division, frequency selectivity, and isolation between the outputs are obtained. Furthermore, wideband impedance transformers and wideband BPFs with significantly improved performance, and bandstop filters with general Chebyshev property are proposed and tested, and the predicted circuit characteristics are reached.

研究分野：マイクロ波工学

キーワード：無線通信 5G マイクロ波・ミリ波 マルチバンド 帯域通過フィルタ フィルタリング電力分配器

1. 研究開始当初の背景

総務省では、2020年の東京オリンピックに向けて、世界に先駆けて、現在の100倍に当たる10Gbps以上の通信速度という第5世代(5G)移動体通信システムの実現を目指している。”ICT(情報通信技術)オリンピック”をターゲットに、産学官が連携して“オールジャパン”での取組みを強力に推進している。

5Gでは10Gbpsの通信速度で、スマートフォンなどの移動端末に、高精細な映像や大容量の情報を超高速で伝送できるようになる。更に重要なのは、ICT社会の進展で、あらゆるモノがインターネットにつながるInternet of Things (IoT)が急速に普及し、通信量が爆発的に増加することである。交通、医療、企業、公共施設、学校、家庭など社会の隅々に設置されるセンサーなどの通信を瞬時に処理しなければならない。5Gの開発とサービスの実現は、移動端末だけの通信基盤ではなく、IoTなどICT社会の進展を支える情報通信基盤としても必須になってきている。

5Gの最大の難関は複数の周波数帯と帯域の確保と言われている。高速な通信を実現し、急増する移動通信のトラフィック(通信量)に対処するために、現在よりも広い周波数幅を確保することが必須であるが、現在使用している3GHz以下の周波数帯では、新たに連続した広帯域の確保は困難である。一方5G以降のモバイル通信システムでは、単一の周波数帯の電波のみを使うのではなく、低い周波数(VHF帯)から高い周波数(ミリ波帯)までの複数の周波数帯を組み合わせることで効率的に利用し、安定的な通信を実現することが極めて重要である。その要素技術の1つとして、多周波数共用マイクロ波・ミリ波帯域通過フィルタ(BPF)すなわちマルチバンドBPFの研究開発が急務となっている。

2. 研究の目的

上述の背景を踏まえ、本研究では第5世代(5G)移動体通信を実現するために必要不可欠な小型高性能な多周波数共用マイクロ波・ミリ波フィルタ、すなわちマルチバンド帯域通過フィルタ(BPF)を研究開発する。具体的に、

(1) 新しい構造と機能を持つコンポジット共振器やマルチモード共振器を提案し、マルチバンドBPFを構成・設計する。

(2) マルチモード共振器を用いたマルチバンドBPFに適用できる共振器並列型フィルタの汎用的な設計理論を構築し、効率的な設計手法を確立する。

(3) 性能と経済性ともに優れたマルチバンドBPFを設計、試作、評価し、第5世代移動体通信に適する重要なデバイスを実現する。

3. 研究の方法

以下述べる流れで、本研究を遂行して完成させる。

(1) まず、電気回路の観点から、複数の共振点と反共振点を持つコンポジット共振器を提案し、マルチバンドBPFの回路を構成する。回路解析による設計公式を求め、フィルタの設計手法を開発する。

(2) 次に、電磁界の観点から、新しい平面マルチモード共振器の提案と共振原理解明および共振モード解析を行い、マルチバンドBPFの設計に適する共振器並列型フィルタの汎用的な設計理論と効率的な設計手法を確立する。

(3) これらをもとに、様々な構成の多周波数共用マイクロ波・ミリ波フィルタおよびフィルタリング機能を有するマイクロ波回路素子を設計、試作、測定し、5Gの移動体通信に適する優れた回路を実現する。

4．研究成果

本研究を通して、主に以下の研究成果を得た。

4.1．複数の種類の多周波数共用帯域通過フィルタの提案と実現

(1) まず、2つの共振点と2つ反共振点を同時に有するユニークな周波数特性を持つコンポジット共振器を新しく提案した。2つの共振点を利用し、デュアルバンドBPFの通過域を構成した。また、2つの反共振点を利用し、フィルタの周波数選択特性を著しく改善した。偶/奇モード理論を利用し、共振器の各共振モードを解析したうえで、モード間の電界結合、磁界結合構造を提案し、通過域中心周波数が自由に設計可能な小型デュアルバンドBPFを設計、試作し、良好な測定結果を得た。

(2) 次に、新しいマイクロストリップ2モード共振器、4モード共振器、および6モード共振器を提案し、周波数を自由に制御できるデュアルバンドBPF、デュアルバンドディファレンシャルBPFとトリプルバンドディファレンシャルBPFをそれぞれ設計した。フィルタの小型化や伝送零点の生成に工夫を凝らし、設計試作したBPFは、小型で急峻な周波数選択性等の特性を実現した。

(3) また、高温超電導YBCO薄膜を用いて、マルチモード共振器とBPFを提案し、さらに、マルチパスによる信号干渉構造とコモンモード抑制構造を導入し、4段と8段のデュアルバンドディファレンシャルBPFを設計試作した。測定した結果、極めて低損失、高い周波数選択性、大きな減衰量と言った従来の常温金属回路で達成できない優れたフィルタ特性を実現した。

(4) さらに、新しいスタブ付きステップインピーダンス共振器及びH字型コンポジット共振器を提案し、複数の種類のデュアルバンド帯域通過フィルタ(BPF)及びトリプルバンドBPFを設計、試作し、理論予測と良く一致した測定結果を得た。各通過域の中心周波数や帯域幅の自由な設計を可能にし、複数の伝送零点も生成できたため、フィルタの各通過域の周波数選択性と阻止域特性が大幅に改善された。

(5) 誘電体基板の表面に、マイクロストリップスタブ付きデュアルモード共振器、同基板の裏面に、スロットラインスタブ付きデュアルモード共振器を利用し、2.45 GHzと3.45 GHzの信号をそれぞれ通過させるダイプレクサを設計試作し、所望の周波数特性を得た。従来のダイプレクサの設計に必要なマッチング回路が不要となり、提案回路は小形となり、設計と調整の難易度も大きく低減できた。

4.2．多機能・多周波数共用または広帯域マイクロ波回路の提案と実現

(1) フィルタと電力分配器はともに通信機器の中の重要な回路素子で、従来別々に設計・製作されているが、回路を小型軽量、またその特性を改善するために、多機能・多周波数共用または広帯域マイクロ波回路の研究開発が5Gおよび今後の無線通信の発展に重要である。関連して、本研究では、(1)まず、2つの周波数で、1つの回路を用いて、電力分配と周波数選択特性を同時に実現できる小型のデュアルバンドフィルタリング電力分配器を設計試作測定し、良好な電力分配特性と極めて広い阻止域を実現した。

(2) 次に、電力分配と周波数選択特性を同時に実現できるデュアルバンドフィルタリングウィルキンソン電力分配器(FWPD)について、新しい小型回路を提案し、広い周波数範囲に渡る2つの中心周波数近傍の通過域内で、所望の電力分配特性、高い周波数選択性、および出力線路間の大きなアイソレーションを実現した。

(3) また、広い通過域と急峻な周波数選択性を併せ持つ新しいマイクロストリップ広帯域有極型フィルタリングウィルキンソン電力分配器を提案、設計、測定し、所望の良好な周波数特性を得た。

(4) さらに、マイクロストリップスタブ付きデュアルモード共振器を用いて、通過域幅の調整が可能な平衡-非平衡型フィルタリングパワーディバイダを提案、設計、試作した。設計値と良く一致した

測定特性を示し、所望の周波数選択性、出力線路間のアイソレーション、及びコモンモードサプレッションを実現できた。

4.3 . 関連研究と成果

(1)新しいデュアルバンドの整合回路と広帯域の整合回路を提案し、試作と測定を行い、回路の周波数特性の顕著な改善が得られ、提案した回路の構造と設計手法を実証した。

(2)伝送線路短絡スタブを用いた広帯域BPFに対し、信号干渉を設けた新しいフィルタ構造、および短絡スタブと結合スタブを併用した新しいフィルタ構造を提案し、設計と試作及び測定を行い、所望のフィルタの特性改善を実現できた。

(3)二つの伝送経路から成る新しい信号干渉帯域阻止フィルタ(SIBSF)を提案し、一般化チェビシェフ特性を持つSIBSFの設計手法を確立した。優れた特性を持つSIBSFの設計、試作及び測定結果より、提案構造と設計手法を実証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 10件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 X. Wang, Z. Ma, T. Xie, M. Ohira, C.-P. Chen, and G. Lu	4. 巻 Vol. 67
2. 論文標題 Synthesis theory of ultra-wideband bandpass transformer and its Wilkinson power divider application with perfect in-band reflection/isolation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech.	6. 最初と最後の頁 3377-3390
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMTT.2019.2918539	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 P. Wen, Z. Ma, S. Zhu, H. Liu, B. Ren, X. Guan, and M. Ohira	4. 巻 Vol. 16
2. 論文標題 Design of compact tri-band bandpass filter using stub-loaded quarter-wavelength SIRs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	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） 10.1587/elex.16.20190549	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 B. Ren, H. Liu, Z. Ma, M. Ohira, P. Wen, X. Wang, X. Guan	4. 巻 6
2. 論文標題 Compact dual-band differential bandpass filter using quadruple-mode stepped-impedance square ring loaded resonators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 21850-21858
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2018.2829025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 B. Ren, Z. Ma, H. Liu, X. Guan, P. Wen, C. Wang, and M. Ohira,	4. 巻 15
2. 論文標題 Balanced tri-band bandpass filter using sext-mode stepped-impedance square ring loaded resonators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/elex.15.20180670	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 B. Ren, Z. Ma, H. Liu, X. Guan, P. Wen, X. Wang, and M. Ohira	4. 巻 55
2. 論文標題 Miniature dual-band bandpass filter using modified quarter-wavelength SIRs with controllable passbands	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electron. Lett.	6. 最初と最後の頁 38-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/el.2018.6702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 B. Ren, H. Liu, Z. Ma, M. Ohira, X. Guan, P. Wen, and X. Wang	4. 巻 29
2. 論文標題 Compact dual-band bandpass filter and diplexer using hybrid resonant structure with independently controllable dual passbands	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Int. Journal of RF and Microwave Computer-Aided Eng.	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mmce.21435	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 B. Ren, Z. Ma, H. Liu, X. Guan, X. Wang, P. Wen, and M. Ohira	4. 巻 67
2. 論文標題 Differential dual-band superconducting bandpass filter using multimode square ring loaded resonators with controllable bandwidths	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech.	6. 最初と最後の頁 726-737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMTT.2018.2882487	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 P. Wen, Z. Ma, S. Zhu, B. Ren, Y. Song, X. Wang, and M. Ohira	4. 巻 29
2. 論文標題 Dual-band filtering power divider using dual-resonance resonators with ultrawide stopband and good isolation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Microwave and Wireless Comp. Lett.	6. 最初と最後の頁 101-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMWC.2019.2890844	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 P. Wen, Z. Ma, H. Liu, S. Zhu, B. Ren, X. Guan, and M. Ohira	4. 巻 16
2. 論文標題 Individually controllable dual-band bandpass filter with multiple transmission zeros and wide stopband,	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.15.20190127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Xiaolong Wang, Zhewang Ma, and Masataka Ohira	4. 巻 27
2. 論文標題 Dual-Band Design Theory for Dual Transmission-Line Transformer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Microwave and Wireless Components Letters	6. 最初と最後の頁 782 ~ 784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMWC.2017.2734777	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 P. Wen, Z. Ma, H. Liu, S. Zhu, B. Ren, X. Wang, and M. Ohira	4. 巻 15
2. 論文標題 A miniaturized dual-band bandpass filter using composite resonators with flexible frequency ratio	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.15.20180059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 X. Wang, Z. Ma, and M. Ohira	4. 巻 66
2. 論文標題 Theory and experiment of two-section two-resistor Wilkinson power divider with two arbitrary frequency bands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech.	6. 最初と最後の頁 1291 ~ 1300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMTT.2017.2772848	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計26件(うち招待講演 2件/うち国際学会 12件)

1. 発表者名 B. Ren, Z. Ma, H. Liu, X. Guan, P. Wen, and M. Ohira
2. 発表標題 Compact multi-band differential bandpass filters using microstrip multi-mode resonators
3. 学会等名 IEEE MTT-S Int. Wireless Symp. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 X. Wang, B. Wu, Q. Wang, Z. Ma, and C.-P. Chen
2. 発表標題 Design Approach of Single-/Dual-Band Wilkinson Power Dividers with Single/Two Section Transmission Line Transformers
3. 学会等名 2019 Int. Conf. on Microwave and Millimeter Wave Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Tabei, Z. Ma, and M. Ohira
2. 発表標題 Design of compact wideband bandstop filters using microstrip ring structures
3. 学会等名 Proc. of 2019 Thailand-Japan Microwave (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Tabei, Z. Ma, and M. Ohira
2. 発表標題 A compact wideband bandstop filter using microstrip ring structure
3. 学会等名 Proc. of 23rd Int. Conf. on Applied Electromagnetics and Comm. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 P. Wen, Z. Ma, S. Zhu, H. Liu, B. Ren, and M. Ohira
2. 発表標題 Balanced-to-unbalanced filtering power divider with stub-loaded dual-mode resonators
3. 学会等名 Proc. of Int. Symp. on Antennas and Propagat. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永田大士, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 有極型広帯域フィルタリングウィルキンソン電力分配器
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田部井俊樹, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 信号干渉を用いた一般化チェビシェフ特性広帯域帯域阻止フィルタ
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田大介, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 信号干渉による短絡スタブを用いた広帯域BPFの特性改善
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山成章, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 伝送線路短絡スタブと結合スタブを併用した広帯域BPF
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 X. Wang, Z. Ma, M. Ohira, C.-P. Chen, and T. Anada
2. 発表標題 Compact tunable Wilkinson power divider with simple structure
3. 学会等名 Proc. of 2018 European Microwave Conf. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 P. Wen, Z. Ma, H. Liu, S. Zhu, M. Ohira, C. Wang, X. Guan, and B. Ren
2. 発表標題 Novel compact dual-band BPF using stub-loaded shorted stepped-impedance resonators
3. 学会等名 Proc. of 2018 Asia-Pacific Microwave Conf. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 B. Ren, Z. Ma, H. Liu, M. Ohira, X. Guan, and P. Wen
2. 発表標題 Design of balanced dual-band superconducting bandpass filter with high selectivity and deep common-mode suppression
3. 学会等名 Proc. of 2018 Asia-Pacific Microwave Conf. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Song, X. Wang, Z. Ma, and M. Ohira
2. 発表標題 Design theory of dual-band Wilkinson power divider with different frequency ratio ranges
3. 学会等名 Proc. of 2018 Asia-Pacific Microwave Conf. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田部井俊樹, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 リング構造を用いた小型マイクロ波帯域阻止フィルタの設計
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尤 天羽, 宋 安, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 オープンスタブを用いたマイクロストリップ広帯域BSFの設計法
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宋 安, 馬 哲旺, 王 小龍, 大平昌敬
2. 発表標題 広い周波数比を有するデュアルバンドWPDの設計
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田部井俊樹, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 マイクロストリップリング構造を用いた小型広帯域帯域阻止フィルタの設計
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尤 天羽, 宋 安, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 オープンスタブを用いた広帯域帯域阻止フィルタの設計
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宋 安, 馬 哲旺, 王 小龍, 大平昌敬
2. 発表標題 大きな周波数比を持つマイクロストリップデュアルバンドWPDの設計
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桂馬康輔, 馬 哲旺, 大平昌敬
2. 発表標題 短絡結合スタブを用いた有極型広帯域BPFの設計
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊雅樹, 大平昌敬, 馬 哲旺
2. 発表標題 スタブ構造と結合線路を用いた有極形広帯域BPFに関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会東京支部学生会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 P. Wen, Z. Ma, H. Liu, M. Ohira, B. Ren, and X. Wang
2. 発表標題 Compact dual-band bandpass filter using stub-loaded stepped impedance resonators with mixed electric and magnetic couplings
3. 学会等名 Proc. of 2017 Asia-Pacific Microwave Conf. (APMC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 X. Wang, N. Kimata, Z. Ma, and M. Ohira
2. 発表標題 Dual-band bandpass filter type Wilkinson power divider with microstrip composite resonators
3. 学会等名 Proc. of 2017 Asia-Pacific Microwave Conf. (APMC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 P. Wen, Z. Ma, M. Ohira, X. Wang, H. Liu, B. Ren, and X. Guan
2. 発表標題 Differential dual-band filter with flexible frequency ratio using H-shaped composite resonator for SC-DMA and LTE applications
3. 学会等名 2017 IEEE Electrical Design of Advanced Packaging and Systems (EDAPS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 恒川博則, 大平昌敬, 王 小龍, 馬 哲旺
2. 発表標題 マイクロストリップ擬似集中定数形広帯域BPFの設計と特性改善に関する研究
3. 学会等名 平成29年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田竣一, 大平昌敬, 王 小龍, 馬 哲旺
2. 発表標題 短絡結合スタブを用いた有極型広帯域BPFに関する研究
3. 学会等名 平成29年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

埼玉大学 理工学研究科 馬・大平・三澤研究室 http://sirius.reso.ees.saitama-u.ac.jp/

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
連携研究者	大平 昌敬 (OHIRA Masataka) (60463709)	埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授 (12401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	王 小龍 (WANG Xiaolong) (80649898)	埼玉大学・大学院理工学研究科・助教 (12401)	