

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 20 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560404

研究課題名（和文）

マイクロ波ミリ波帯波動情報直接処理による簡易送受信アンテナモジュールの研究

研究課題名（英文）Microwave and millimeter-wave signal processing and its application to transceiver antenna module

研究代表者

相川 正義 (AIKAWA MASAYOSHI)

佐賀大学・工学系研究科・教授

研究者番号：20295025

研究成果の概要（和文）：極めて簡易なマイクロ波ミリ波帯送受信機能モジュール技術の開拓を目的として、その核となる発振器については、「マイクロ波一体複合化」の技術コンセプトに基づいて、第8次高調波 Push-Push 発振器を世界に先駆けて実証した。これと並行して、直交偏波切り替え機能並びに直交偏波識別機能を有する平面アレーアンテナを実現した。これらの成果に基づいた送受信アンテナモジュールを実現して、直交偏波を用いたワイヤレスデータ伝送基礎実験に初めて成功した。

研究成果の概要（英文）：It is the purpose of this research to develop the extremely simple transceivers in microwave and millimeter-wave bands. As for the oscillators, the 8<sup>th</sup> harmonic push-push oscillators have been firstly realized upon the concept of the “Microwave integration technology”. Moreover, the orthogonal polarization switchable array antenna and the orthogonal polarization detection array antenna have been also realized. By the use of the wireless transceiver antenna modules based on the above-mentioned orthogonal polarization switching, a digital data transmission experiment has been successfully carried out.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信ネットワーク工学

キーワード：マイクロ波、ミリ波、平面アレーアンテナ、直交偏波、両平面マイクロ波回路、簡易送受信モジュール、Push-Push 発振器

## 1. 研究開始当初の背景

情報化社会の進展およびユビキタス社会の多様なニーズの増大に伴って、マイクロ波・ミリ波帯を中心とする高周波帯装置は、一層の高性能化および経済化が求められている。しかしながら、高マイクロ波帯やミリ波帯においては高周波であるがゆえのデバイス性能の制約や高周波モジュール実装を

中心とした量産性と経済性に課題が残されており、ミリ波帯では今なおその応用分野は限られている

## 2. 研究の目的

その中でミリ波帯発振器は高周波送受信機能モジュールの中核であり、装置の性能ならびに装置コストを左右する機能回路である。ここでは、高周波帯発振に有効な

Push-Push 発振回路に着目して高次高調波発振を検討した。同時に、モジュールの主要構成要素である平面機能アンテナについても並行して検討し、マイクロ波・ミリ波帯送受信モジュールの極限的な簡易構成技術の確立を目指した。

### 3. 研究の方法

低周波帯デバイスを用いるミリ波帯 Push-Push 発振器、直交偏波同時共用の平面アレーアンテナおよび RF 帯直接 PSK 変調 / RF 位相同期検波などの実現要素技術を駆使することによって、極めて簡易で低コストなマイクロ波・ミリ波帯送受信モジュール構成・設計技術を確立する。

簡易なミリ波帯送受信機能モジュール技術の開拓を目的として、発振器については、「マイクロ波一体複合化」の技術コンセプトに基づいて、第 4 次～8 次の高調波 Push-Push 発振器の技術確立を図る。これと並行して、RF 帯 PSK 変調器ならびに RF 位相同期検波機能を有する直交偏波共用アレーアンテナについても検討を行う。これらは、前述の「マイクロ波一体複合化」の基本コンセプトに基づいて研究を進めると共に、これらを一体実装してコンパクトな送受信機能モジュールを実現する。

### 4. 研究成果

ユビキタス社会の多様なワイヤレス技術に対応するための簡易なマイクロ波ミリ波帯送受信機能モジュール技術の開拓を目的とした検討を以下の様に進めた。

#### (1) マイクロ波ミリ波帯要素技術

送受信モジュールのコアとなる高周波発振器については、マイクロ波一体複合化の技術コンセプトに基づいた高調波 Push-Push 発振器について、特に高次の発振技術の開拓を目指した。その結果、X 帯 HEMT とマイクロストリップリング共振器で構成した 50GHz 帯第 8 次高調波 Push-Push 発振器を世界に先駆けて実現した。これは、マイクロストリップリング共振器の高次高調波の良好なコヒーレント性に着目し積極的に活用したものであり、第 8 次高調波を選択的に出力させることが出来る。これをモノリシック化することによって、短ミリ波からテラヘルツ帯に至る超高周波信号発振の基礎技術としても大変有効である。また、低価格な低周波帯の半導体デバイスによって、電力合成効果を伴うミリ波帯発振源実現にも効果的な新技術である。

これと並行して、RF 帯 PSK 変調器ならびに直交偏波共用アレーアンテナについても、それぞれ基礎検討を進めた。その中で送受信モジュール簡易化のポイントとなる RF 直接

PSK 変調器については、一重平衡型構成を採用して K 帯での検討を行い、BPSK 変調の基本機能を実験によって実証した。さらに、上記の Push-Push 発振器と RF 帯 PSK 変調器、さらには直交偏波共用アレーアンテナを組み合わせることによって、基準位相信号と PSK 変調信号の並列同期送信機能を有する簡易送信モジュール実現も可能とした。

#### (2) 直交偏波機能アレーアンテナ

直交偏波励振アレーアンテナについて、その構成法と設計試作検討を進めて 2 層構造および一層構造の特性確認を行うと共に、RF スイッチング回路と併せて、直交偏波切換え機能アレーアンテナを実現した。さらには、 $\pi/2$  ハイブリッド回路の検討と併せて、直交円偏波共用アレーアンテナ、直交円偏波切換え機能アレーアンテナ等の実現に向けて、それぞれの基本動作を検証した。さらに、直交偏波励振アレーアンテナで構成した偏波検出機能や送受信信号乗算機能、あるいはレクテナ機能を実現する構成法の基礎検討を進めた。直交直線偏波アレーアンテナについては、一層誘電体基板で実現するために、エアブリッジと SPDT スイッチを一体化した両平面マイクロ波回路構成のアレーアンテナを設計試作し、良好な特性を確認した。これと並行して、受信モジュール系は偏波識別機能を持つ直交直線偏波受信アレーアンテナの構成法ならびに設計法の検討を進めて、良好な RF 直接検波識別動作を確認した。

#### (3) ワイヤレスデータ伝送基礎実験

前述の直交偏波切り替え機能を有する送信系アンテナモジュールと直交偏波識別機能を有する受信系アンテナモジュールを用いたワイヤレスデータ伝送基礎実験を行い、その基本動作を世界で初めて実証することができた。これにより、本計画の主目的を実証すると共に、極めて簡易なワイヤレス送受信機能モジュールの実現性を明らかにした。今後に残された課題としては、

- ① 高速データ伝送のための伝送システム基本設計とその実証、
- ② 直交円偏波によるデータ伝送技術の確立、
- ③ 平面アレーアンテナと集積回路の一体複合化によるモジュール簡易構成法とその実装技術の検討、
- ④ 応用展開領域の開拓、などである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

①Takayuki Tanaka, Takayuki Fujimoto, Kengo Kawasaki, Masayoshi Aikawa, A Positive Feedback Type Push-Push VCO Using Series Connected Phase Shifters, IEICE Electronics Express, 査読有, Vol.9, No.5, 2012, pp.391-396.

②Sen Feng, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Linear Polarization Switchable Ring-Slot Array Antenna Using Single-pole Double-throw Switch Circuit, IET Microwaves, Antenna & Propagation, 査読有, Vol. 5, No. 2, 2011, pp. 142 - 148.

③牛嶋優, 西山英輔, 相川正義, 直交給電回路を用いた多素子直線偏波マイクロストリップアンテナ, 電子情報通信学会論文誌B, 査読有, Vol. J94-B, No. 9, 2011, pp. 1181-1189.

④Sen Feng, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Broad-band Circularly Polarized Ring-Slot Array Antenna for Simultaneous Use of The Orthogonal Polarizations, IEICE Trans. Electron., 査読有, Vol. E93-C, No. 7, 2010, pp. 1105-1110.

⑤Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, The 8th Harmonic Push-Push Oscillator in V Band, IEICE Trans. Electron., 査読有, Vol. E93-C, No.7, 2010, pp. 1000-1006.

⑥ Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, An Octa-Push Oscillator at V-Band, IEEE Trans. Microw. Theory Tech., 査読有, Vol.58, No. 7, 2010, pp. 1696-1702.

⑦ Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, Low Noise Second Harmonic Oscillator using Mutually Synchronized Gunn Diodes, IEICE Trans. Electron., 査読有, Vol. E93-C, No.9, 2010, pp. 1460-1466.

⑧川崎健吾, 溝口周平, 田中高行, 相川正義, ブランチライン型ハイブリッド回路移相器を用いた Ku 帯 Push-Push VCO, 電子情報通信学会論文誌C, 査読有, Vol. J93-C, No.12, 2010, pp. 565-572.

〔学会発表〕(計20件)

① Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, A Unilaterally Coupled Push-Push Oscillator Array Using Sequential Injection-locking, 2011 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings (APMC2011), 査読有, WE4A-02, pp. 868-871, (December 2011).

② Yu Ushijima, Tatsuya Sakamoto, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Extensible Rectifying Antenna for Large Scale Integration, 2011 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings (APMC2011), 査読有, WE6E-03, pp.1198-1201, (December 2011).

③ Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, Synchronized Dual-Band Push-Push Oscillator for Oscillator Array, 2011 Korea-Japan Microwave Conference (KJMW2011), 査読有, FR1-2-4, pp.154-157 (November 2011).

④ Hayato Nishimura, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Very Compact RF Module using Orthogonal Linear Polarizations for FM-CW, 2011 Korea-Japan Microwave Conference (KJMW2011), 査読有, FR2-4-5, pp.270-273 (November 2011).

⑤ Shuzo Yoshimura, Yu Ushijima, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Microstrip Array Antenna for Orthogonal Linear Polarization Discrimination, International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2011), 査読有, WeD1-2, (October 2011).

⑥ Takayuki Tanaka, Hiroshi Hashiguchi, Masayoshi Aikawa, A Novel Low Phase Noise Positive Feedback Type Push-Push Oscillator, XXX URSI General Assembly and Scientific Symposium of International Union of Radio Science (URSI GASS 2011), 査読有, CP-14 (August 2011).

⑦ Yu Ushijima, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Dual-Polarized Microstrip Array Antenna with Orthogonal Feed Circuit, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 査読有, 202.2 (July 2011).

⑧ Taichiro Hama, Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, A Ku Band Push-Push Oscillator Array using

Directional Phase Shifter, 2010 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings (APMC2010), 査読有, pp.582-585 (December 2010).

⑨ Takayuki Tanaka, Hiroshi Otani, Masayoshi Aikawa, Microwave Transmitter Module Integrating Slot Array Antenna, Push-Push Oscillator and PSK Modulator, 2010 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2010), 査読有, pp.1023-1026 (December 2010).

⑩ Yu Ushijima, Seng Feng, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, "A Novel Circular Polarization Switchable Slot-Ring Array Antenna with Orthogonal Feed Circuit" 2010 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings (APMC2010), 査読有, pp.1569-1572 (December 2010).

⑪ Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, Low Noise Second Harmonic Gunn Diode Oscillator Using Square-shaped Slot Line Resonator, 14<sup>th</sup> International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics and The American Electromagnetics Conference (ANTEM/AMEREM 2010), 査読有, 221, (July 2010).

⑫ Takayuki Tanaka, Shuhei Mizoguchi, Kengo Kawasaki, Masayoshi Aikawa, A Push-Push VCO Using a Phase Shifter with 90° Branch Line Hybrid Circuit, 14<sup>th</sup> International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics and The American Electromagnetics Conference (ANTEM/AMEREM 2010), 査読有, 230, (July 2010).

⑬ Yu Ushijima, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Circular Polarization Switchable Microstrip Antenna with SPDT Switching Circuit, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 査読有, 205.9 (July 2010).

⑭ Mohamad Azad Hossain, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Gain Enhanced Linear Polarization Switchable Microstrip Array Antenna, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 査読有, 222.4 (July 2010).

⑮ Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka,

Masayoshi Aikawa, **Ku Band Second Harmonic N-Coupled Push-Push Oscillator Array using Microstrip Resonator**, IEEE MTT-S International Microwave Symposium, 査読有, TH1D-3, pp.1182-1185 (May 2010).

⑯ Eisuke Nishiyama, Tatsuo Itoh, Masayoshi Aikawa, Varactor Loaded Tunable Miniature Resonator, 2009 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2009), 査読有, TU1C-1, pp.115-118 (December 2009).

⑰ Seng Feng, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Linear Polarization Switchable Slot Ring Array Antenna with SPDT Switch Circuit, 2009 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2009), 査読有, TH3P-9, pp.2794-2797 (December 2009).

⑱ Yu Ushijima, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Linear Polarization Switchable Patch Array Antenna, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 査読有, IF319.11 (June 2009).

⑲ Kengo Kawasaki, Takayuki Tanaka, Masayoshi Aikawa, V-band 8th Harmonic Push-Push Oscillator Using Microstrip Ring Resonator, IEEE MTT-S International Microwave Symposium, 査読有, WE3C-4, pp.697-700 (June 2009).

⑳ Yu Ushijima, Eisuke Nishiyama, Masayoshi Aikawa, Linear Polarization Switchable Patch Array Antenna, 2009 Korea-Japan Microwave Conference, 査読有, pp.125-128 (April 2009).

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:

種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

相川 正義 (AIKAWA MASAYOSHI)  
佐賀大学・大学院工学系研究科・教授  
研究者番号：20295025

### (2) 研究分担者

田中 高行 (TANAKA TAKAYUKI)  
佐賀大学・大学院工学系研究科・講師  
研究者番号：60207107

西山 英輔 (NISHIYAMA EISUKE)  
佐賀大学・大学院工学系研究科・助教  
研究者番号：30295026

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：