

28GHz 帯ビームフォーミング アンテナシステム

佐藤 啓介* 三浦 進*

28 GHz Beamforming Antenna System

Keisuke Sato and Susumu Miura

28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステムに適した広帯域特性を有する、偏波共用ダイポールアンテナを開発した。開発アンテナは、VSWR およびアイソレーションに関して、国内 5G 帯域(27GHz~29.5GHz)をカバーする広帯域特性を実現した。ダイポールアンテナの検討をもとに、ビームフォーミング IC とアンテナを同一基板上に実装した、28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステムの放射特性を評価した。ビームフォーミング IC の機能とダイポールアンテナの特性により、3dB ビーム走査角 80° の範囲にわたって良好な放射ビームを実現できた。

A dual-polarization dipole antenna with broadband characteristics suitable for 28 GHz beamforming antenna systems was developed. The developed antenna has achieved wideband characteristics covering the domestic 5G band (27 GHz - 29.5 GHz) in terms of VSWR and isolation. Based on the study of dipole antennas, the radiation characteristics of a 28 GHz band beamforming antenna system was evaluated, in which a beamforming IC and antenna are mounted on the same board. By using the beamforming IC function and the characteristics of the dipole antenna, a good radiation beam over a 3 dB beam scanning angle range of 80 degrees was realized.

1. はじめに

第5世代移動通信(5G)で割り当てられた28GHz帯の基地局装置は、高利得ビームフォーミングアンテナ(BFA)を用いてエリア形成している⁽¹⁾⁻⁽³⁾。BFAではアンテナとビームフォーミングIC(BFIC)が同一多層基板内で実装される。IC実装のため、ストリップライン系への接続が容易な偏波共用パッチ素子が一般的に用いられる⁽²⁾⁽³⁾。

他方、移動通信で利用されているSub6帯以下の基地局においては、ダイポールアンテナでのアレーがよく用いられる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。これは、パッチ素子と比較して、ダイポール素子が、広帯域性・簡易な指向性の調整など、多くの利点を有することによる。

本稿では、国内で割り当てられた28GHz帯BFAに好適な広帯域特性・ストリップライン系との接続性を有する、偏波共用ダイポールアンテナを多層基

板により実現する。また、開発したダイポールアンテナによる当社製BFAについて述べる⁽⁶⁾。

2. システム構成とアンテナ構造

図1に、28GHz帯BFAのシステム構成を示す。本

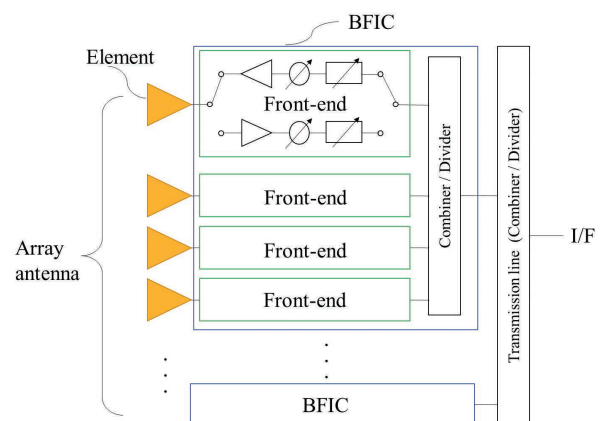


図1 28GHz帯BFAシステム構成

* R&D 統括センター ワイヤレス研究所

システムは、複数のダイポール素子から構成されるアレーアンテナ部、伝送線路部、BFIC部、インタフェースとから構成される。BFICは、可変減衰器、可変移相器、送受信アンプ、送受信切替えスイッチとから構成され、各ダイポール素子に接続する。図2に、28GHz帯偏波共用ダイポールアンテナの構造を示す。設計周波数 $f = 28\text{GHz}$ ($\lambda_{28} = 10.7\text{mm}$)とする。表1にパラメータを示す。本アンテナは4層(L1~L4)の多層基板で構成される。L1においては、 $\pm 45^\circ$ 偏波ダイポール素子が構成される。また、L1とL2において、偏波共用化を実現するための、ギャップ線路のブリッジ部が形成される。L3、L4で、GNDと信号線から成るグラウンド付きコプレーナ線路が構成される。層間を導通するスルーホールによるショートバランにより、各ダイポール素子を励振する。電磁界解析にはCSTを用いた⁽⁷⁾。

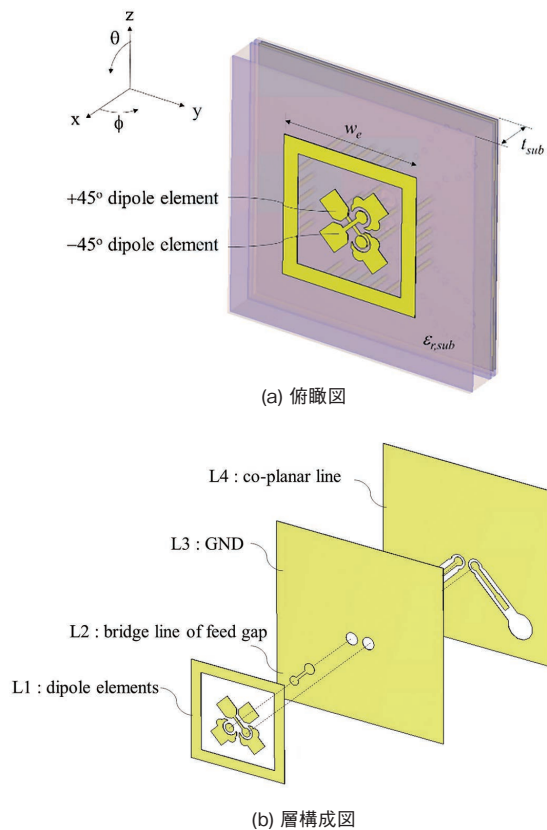


図2 28 GHz 帯偏波共用ダイポールアンテナ

表1 パラメータ

$\epsilon_{r,sub}$	2.98
W_e	5.3 mm
t_{sub}	1.8 mm

3. アンテナ素子の電磁界解析と実測

写真1に28GHz帯偏波共用ダイポールアンテナ素子の試作機を示す。本試作機は、2章のシミュレーションモデルをもとに製作している。

図3にVSWRの周波数特性を示す。シミュレーションにおいて、 $VSWR \leq 2$ の帯域は25GHz~31.7GHz (23.6%)と算出され、実測については、シミュレーションと概ね傾向が一致している。

図4に偏波間結合の周波数特性を示す。シミュレーションおよび実測値ともに、国内5Gの帯域(27GHz~29.5GHz)において、 -20dB 以下の良好な



写真1 試作アンテナ外観

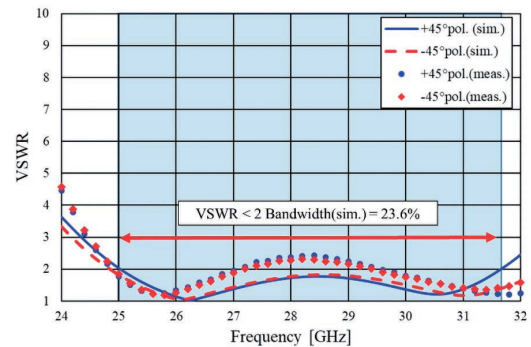


図3 VSWRの周波数特性

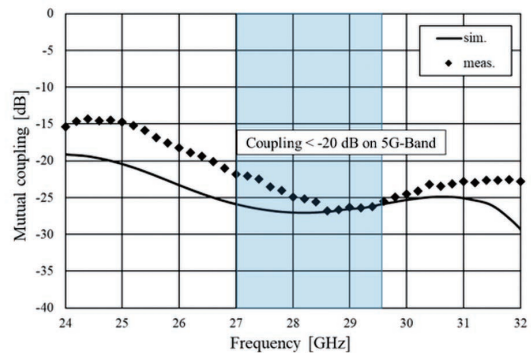
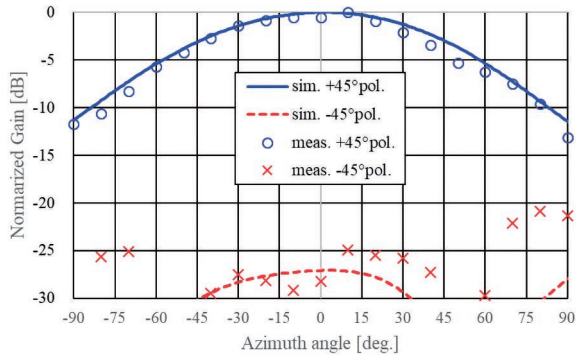
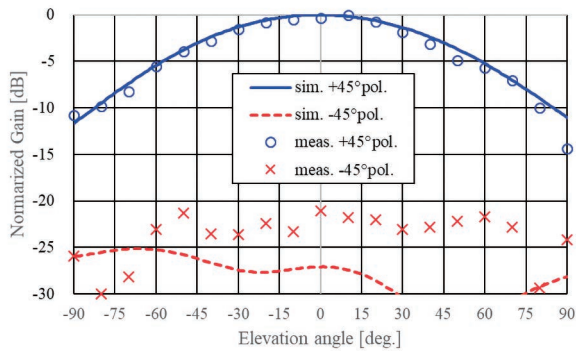


図4 偏波間結合の周波数特性



(a) +45° 偏波素子 水平面内指向性



(b) +45° 偏波素子 垂直面内指向性

図5 28GHzにおける偏波共用ダイポールアンテナの指向性

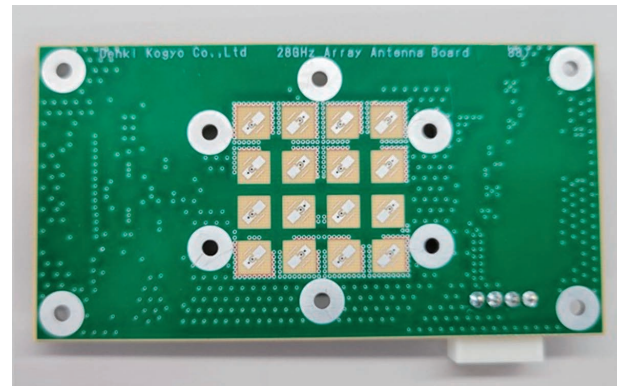
結合値が得られている。

図5に28GHzにおける指向性を示す。本図では、対称構造のため+45°偏波素子のみを記載し、-45°偏波素子の特性は省略する。遠方界測定による実測値についても同時に示す。各面内において、ビーム幅が約90°、交差偏波レベル-20dB以下の良好な指向性能が得られている。

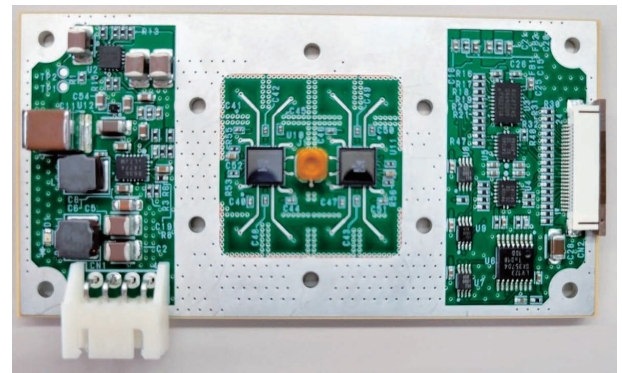
4. 28GHz 帯 BFA システム

本章では、当社で開発した28GHz帯BFAの実機について述べる。装置に求められる電氣的・機械的性能に応じて、アレーアンテナの素子数や接続するBFICの性能を設定する⁽⁸⁾。写真2に28GHz帯BFAシステムの試作外観を示す。本機は中継装置などの小形システムに適した、4×4=16素子の小規模BFAモジュールとする。

図6に、16素子BFAモジュールの場合の、放射特性(送受信特性)を示す。本稿では7通り(C1~C7)の励振位相条件を用いて送受信特性を評価する。送信EIRPは最大+38dBmを目標に設計されている。送信・受信特性で、同等の放射特性を得ており、ビ-

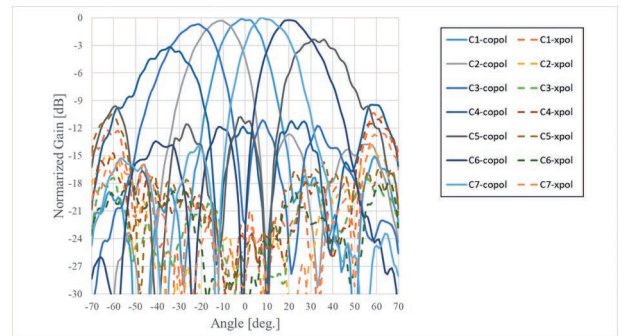


(a) アンテナ実装面

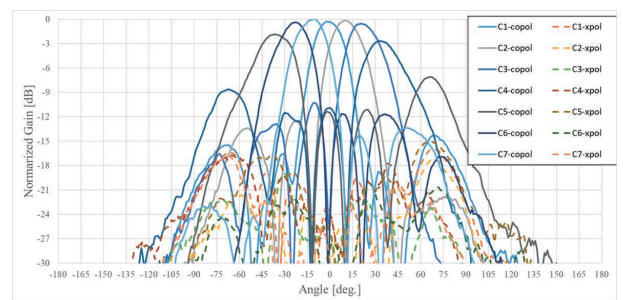


(b) BFIC実装面

写真2 28GHz帯ビームフォーミングアンテナの試作外観



(a) 送信特性



(b) 受信特性

図6 28GHzにおけるBFAの送受信特性

ムフォーミングによる 3dB ビーム走査幅は約 80° と算出される。

5. む す び

28GHz 帯 BFA に適する広帯域特性を有する、偏波共用ダイポールアンテナを開発した。本アンテナは、国内 5G のミリ波帯域(27GHz~29.5GHz)において、良好な VSWR および指向特性を有している。同一多層基板上でダイポールアンテナと BFIC を実装した BFA システムを開発した。送受信特性ともに良好なビームフォーミング性能を得た。

参 考 文 献

- (1) 3GPP, "Study on New Radio Access Technology Physical layer aspects," 3GPP TR 38.802, Sept., 2017.
- (2) L. Jihao, "Antenna on board package for 5G millimeter wave phased array antenna," 2020 21th ICEPT, Aug. 2020.
- (3) X. Gu, D. Liu, C. Baks, O. Tageman, B. Sadhu, J. Hallin, L. Rexberg, and A. Valdes-Garcia, "A Multilayer Organic Package with 64 Dual-Polarized Antennas for 28 GHz 5G Communication," 2017 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), pp. 1899-1901, June. 2017.
DOI:10.1109/MWSYM.2017.8059029
- (4) 長敬三, 山口良, 蔣恵玲, "次世代移動通信システム実現に向けた基地局・端末アンテナ技術," 信学論 (B), Vol.91-B, No.9, pp.886-900, 2008 年 9 月。
- (5) 佐藤啓介, 向井友則, 小倉大岳, 天川英二, "偏波ダイバーシチアンテナ," 特開 2011-244244, 2011 年 12 月。
- (6) 佐藤啓介, 三浦進, "28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステムの放射特性測定," AMT 研 -(6), 2023 年 6 月。
- (7) CST Computer Simulation Technology GmbH, Microwave Studio Darmstadt, Germany Accessed: May. 2023. [Online]. Available: <https://www.cst.com>.
- (8) 高橋徹, "フェーズドアレーアンテナの理論と実際," アンテナ・伝搬における設計・解析手法ワークショップ(第 65 回), 2021 年 3 月。

Copyright © IEICE 2023

佐藤啓介, "移動通信向けミリ波帯ビームフォーミングアンテナシステム," MWE2023, ワークショップ TH4B, 2023 年 11 月。

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆



佐藤 啓介

平成 18 年入社

R&D 統括センター ワイヤレス研究所
移動通信用アンテナ及び電波伝搬の研究・開発に従事

電子情報通信学会・IEEE 会員



三浦 進

平成 28 年入社

R&D 統括センター ワイヤレス研究所
無線機器の開発に従事