

バラクタクロスカップルを用いた 60 GHz 帯 CMOS 電力増幅器

A 60 GHz CMOS Power Amplifier Using Varactor Cross-Coupling Neutralization with Adaptive Bias

南 亮 松下 幸太 浅田 大樹 岡田 健一 松澤 昭
Ryo Minami Kota Matsushita Hiroki Asada Kenichi Okada Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理学専攻
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

1 まえがき

近年、Si CMOS プロセスを使用した 60 GHz 帯の電力増幅器 (PA) の研究が盛んに行われている。従来、差動回路におけるトランジスタのゲートドレイン間容量を低減させる手法としてキャパシタクロスカップリング (CCC) が使用されてきた [1]。しかし、クロスカップリングに使用するキャパシタの最適値は入力電力に依存する。本研究では、入力電力をフィードバックさせ、バラクタクロスカップル (VCC) を使用した 60GHz 帯 CMOS 電力増幅器を作成した。

2 回路構成

図 1 に、CCC を用いた差動 PA のクロスカップルキャパシタと、入力電力を変化させたときのシミュレーション結果を示す。これより、入力電力に応じてクロスカップルキャパシタを変化させることで PAE の最適化が図れることがわかる。

図 2 に試作した 2 段の 60 GHz CMOS 電力増幅器の回路図を示す。60 GHz は高周波であるため集中定数ではなく分布定数の概念で設計する必要がある。そこで本研究では 0.8 dB/mm という低損失の伝送線路を使用した。またデカップリングとして、伝送線路にキャパシタアレイを接続した MIMTL を使用している。使用したトランジスタのサイズは 1 段目が 40 μm 、2 段目が 80 μm である。バラクタクロスカップルの手法は 1 段目のみに使用している。入力電力をフィードバックさせるため、1 段目のトランジスタの出力とソース接地のトランジスタを接続し、出力される電圧をバラクタに与えている。

3 測定結果

図 3 に小信号特性の測定結果を示す。Sim. (old) で示すようにシミュレーションでは 60 GHz にマッチングされていたが、実測では利得のピークが 50 GHz まで低下している。これはトランジスタや伝送線路、キャパシタのモデルの精度が低かったためだと考えられる。Sim. (new) にモデルをアップグレードした結果を示す。これより、実測の結果とほぼ一致していることがわかる。

図 4 に大信号特性の測定結果を示す。これらの測定は、バラクタクロスカップルによる効果を評価するため 50 GHz で行った。電源電圧は 1.2 V である。バラクタクロスカップルを用いたことにより、 $P_{1\text{dB}}$ における PAE で 7.7% を、PAE の最大値で 12.5% を達成した。また、利得は 12.1 dB を、最大出力電力は 12.2 dBm を、消費電力は 86 mW を実現した。

4 まとめ

CMOS 65 nm プロセスを使用し、入力電力をフィードバックさせた 60 GHz CMOS バラクタクロスカップル電力増幅器を試作した。測定の結果、 $P_{1\text{dB}}$ における PAE で 7.7% という、60 GHz 帯 CMOS 電力増幅器の中で最高性能を実現した。

謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、総務省 SCOPE、科学研究費補助金、半導体理工学研究センター、NEDO、キャンオン財団、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。

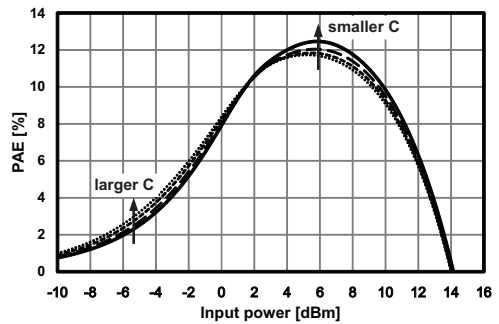


図 1 PAE のシミュレーション結果

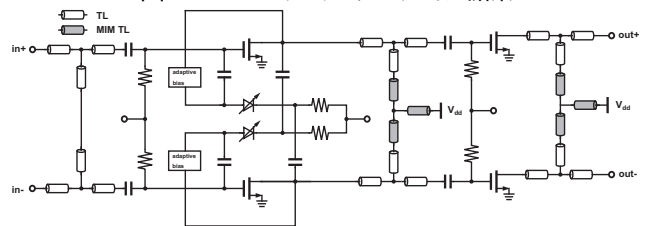


図 2 バラクタクロスカップル電力増幅器

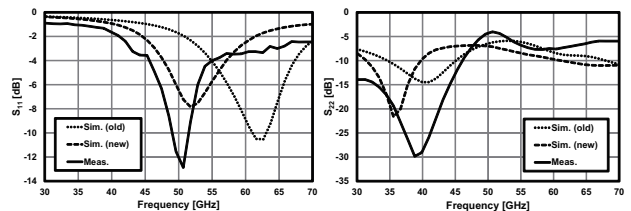


図 3 小信号特性の測定結果

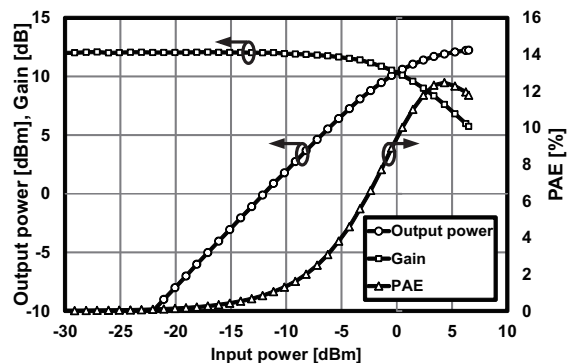


図 4 大信号特性の測定結果

参考文献

- [1] W. L. Chan, J. R. Long, M. Spirito, and J. J. Pekarik, "A 60GHz-Band 1V 11.5 dBm Power Amplifier with 11% PAE in 65 nm CMOS," in *IEEE International Solid-State Circuits Conf. Tech. Dig.*, Feb. 2009, pp. 380–381.