

300GHz 帯無線トランシーバの省電力化に成功 ー5G の先を見据えた超高速無線通信を小型・低コスト IC で実現ー

東京工業大学工学院電気電子系の岡田健一教授らと日本電信電話株式会社の研究グループは、5G で用いられる 28GHz 帯の 10 倍高い周波数である 300GHz 帯を用いる超高速無線通信トランシーバの開発に成功した。

この無線トランシーバは、34Gbps (ギガビット/秒) の高速な無線通信を、送信・受信合わせて、わずか 410mW の低消費電力で実現できる。新たに考案した高利得なミキサ回路を採用することで、安価で量産が可能なシリコン CMOS プロセスによる製造を可能とした。

低コスト化・省面積化・省電力化が達成できたことにより、スマートフォン等のモバイル端末への搭載が可能となった。5G の次の世代の無線通信システムの実用化を加速させる成果である。

この成果は 8 月 4 日からオンライン開催される国際会議 IMS 2020 (International Microwave Symposium 2020) において、「A 300GHz Wireless Transceiver in 65nm CMOS for IEEE802.15.3d Using Push-Push Subharmonic Mixer」の講演タイトルで発表された。

開発の背景

2020 年 3 月に国内で 5G のサービスが開始された。その一方で、早くも 5G の次の世代の無線通信に関する研究が活発に行われている。より高速・大容量な無線通信を実現するために、5G におけるミリ波帯よりもさらに 10 倍以上高い周波数帯である 300GHz 帯の利用が期待されている。

5G では一般に 28GHz 帯の周波数を用いることで最大 10Gbps の通信速度を実現可能である。そこからさらに周波数を上げ 300GHz 帯を用いることにより、利用できる通信帯域幅を増やし、最大で 300Gbps を超えるような無線通信も夢ではなくなってきた。300GHz 帯無線機の早期実用化に向け、小型・低コスト化、そして将来モバイル端末にも搭載できるような省電力化技術が強く求められている。

課題

コスト面で優位なシリコン CMOS プロセスを用いた 300GHz 帯無線機は、これまでも発

表されてきたが、消費電力および回路面積の削減が難しいという問題があった。これは、300GHz帯ではシリコン CMOS 上で増幅器を実現することが困難で、この制約のもと無線機の実出力電力を向上させるには、小さな出力電力の回路を複数用いて、その出力を足し合わせる必要があるためである。

その結果、無線 IC 上に搭載されるトランシーバの数が増大し、消費電力および面積の増大を招いていた。一方で、より高周波特性の優れたインジウムリン(InP)などの化合物半導体を用いることで、300GHz帯の増幅器を実現することも可能であるが、集積化において課題が残る。

研究成果

本研究では、新たに高利得なミキサ回路を考案することで、シリコン CMOS プロセスにおいても、省面積かつ低消費電力で動作する無線トランシーバの開発に成功した。今回開発した無線トランシーバの全体構成を示す(図 1、2)。送信機、受信機ともに新たに開発したミキサ回路を用いることで、アンテナとミキサの間に増幅器を搭載することなく、無線通信に必要な高い信号対雑音比(SNR=signal-noise ratio)を実現できる。

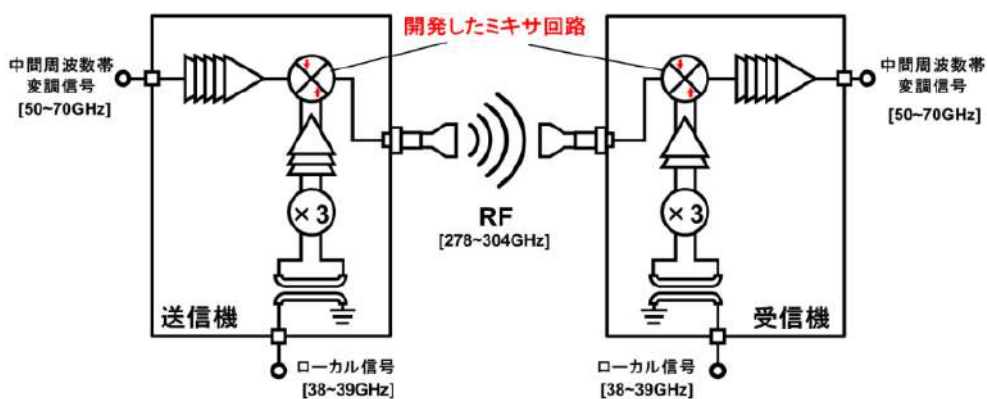


図 1 開発した 300GHz 帯無線トランシーバの全体構成

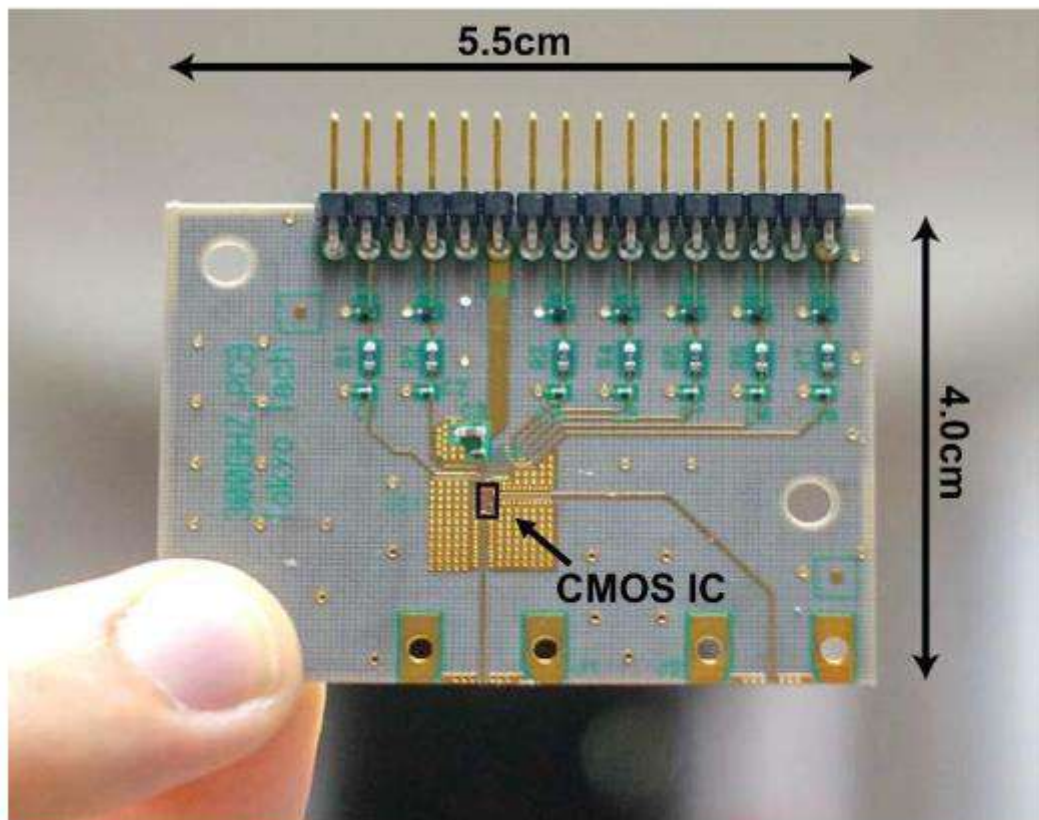


図 2 開発した 300GHz 帯無線機 IC (プリント基板上に実装)

従来のミキサでは、中間周波数帯の変調信号と周波数変換に用いるローカル信号を同じ端子から入力しているため、トランジスタの電圧電流変換の非線形性を利用する方式で周波数変換を行っており、ミキサ回路の利得（電気回路における入力と出力の比）の向上が困難だった。また両方の信号に対してインピーダンス整合をとる必要があるために中間周波数とローカル信号周波数を同じ周波数帯にする必要があり、変調波信号とローカル信号双方に対して 100GHz を超える増幅器が必要だった。

増幅器の消費電力は周波数に応じて増大するため、このことが、従来の無線トランシーバの大きな消費電力の一因となっていた。今回、新たに変調信号とローカル信号を異なる端子から入力するようなミキサ回路構成を考案した。このような構成により、トランジスタのスイッチングを利用する方式で周波数変換が可能になり、従来よりもミキサ回路の利得を約 2 倍向上させることに成功した。また本方式では、中間周波数は 100GHz 以下に設定することができるため、消費電力を大幅に削減することが可能となる。

開発した 300GHz 帯無線トランシーバをシリコン CMOS 65nm プロセスを用いて試作を行

い(図 3)、300GHz 帯における無線通信特性の測定評価を通して提案技術の有効性を確認した。トランシーバは、IEEE802.15.3d (用語 8) の無線規格において規定されるスペクトルマスクを 278GHz から 304GHz の周波数において満たしており、QPSK から 16QAM の変調方式に対応可能である。

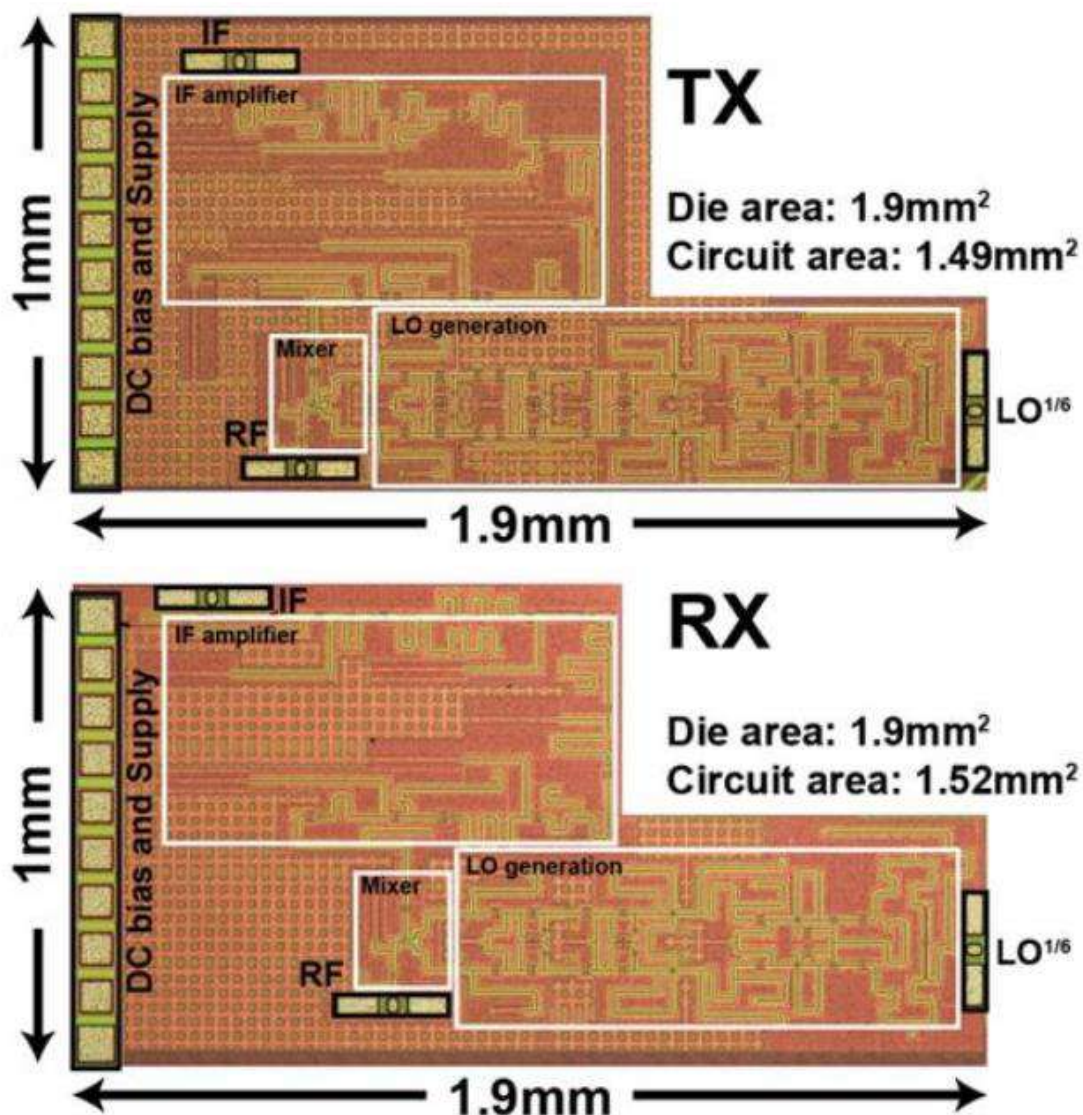


図 3 試作した無線トランシーバ IC の写真

最大の通信速度は 34Gbps であり、そのときの消費電力は、送信機・受信機合わせて 410mW となり、シリコン CMOS の 300GHz 帯トランシーバの先行研究に対して 4 分の 1 以下の

省電力化を達成した。また複数のトランシーバを用いた電力合成を必要とせず、1系統のトランシーバのみで構成できるため、チップ面積はトランシーバ全体で 3.8mm² と省面積で実現できた。

今後の展開

今回開発した 300GHz 帯無線トランシーバは、シリコン CMOS プロセスを用い、省電力化および省面積化を実現した。省電力化は無線機の小型化、さらにはモバイル端末への搭載を可能にし、CMOS プロセスによる省面積な無線 IC は、無線機の低コスト化につながる。本研究成果を基に、さらなる高速化を図り、次世代の 100Gbps を超える超高速・大容量な 300GHz 帯無線通信の実用化をめざして開発を進めていく。

日本語発表原文

<https://www.titech.ac.jp/news/2020/047490.html>

文 JST 客観日本編集部