

# カレントブリーディングミキサを用いた 60GHz帯受信機

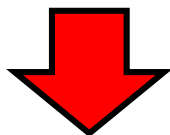
©河合 誠太郎, 眞木翔太郎, 岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学大学院 理工学研究科  
電子物理工学専攻 松澤・岡田研究室

- 研究背景, 目的
- 60GHz帯受信機の課題
- カレントブリーディングミキサ
- 測定結果
- まとめ

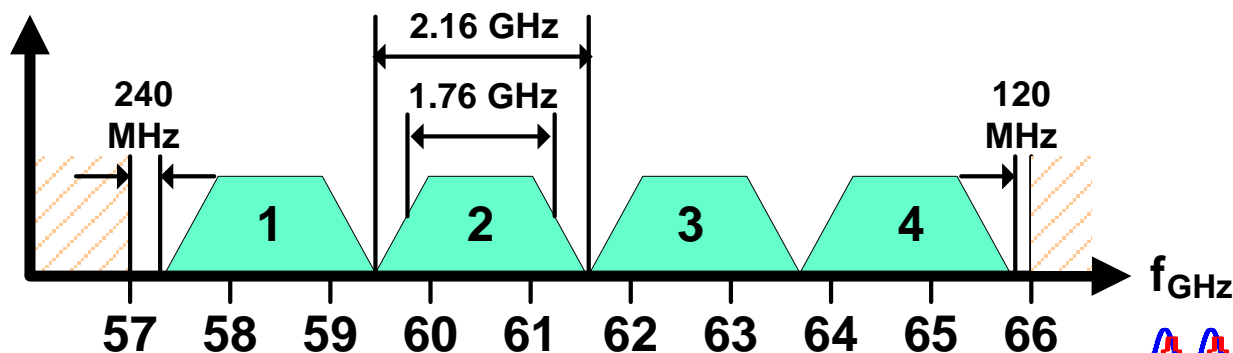
## 60GHz帯の特徴

- ☹️ 空気中の減衰が大きい
- 😊 広帯域を無免許で利用可能



近距離超高速無線への適用

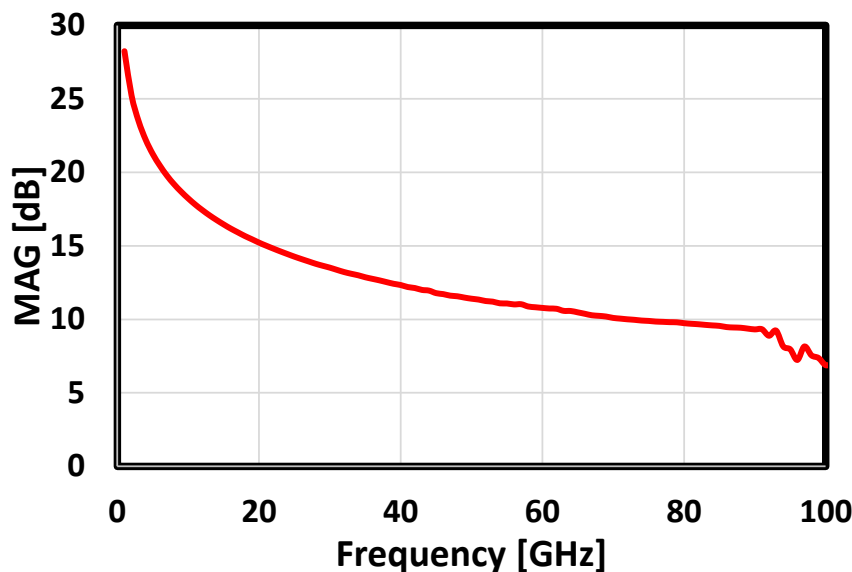
- 周波数 : 57.24 - 65.88 GHz
- 帯域 : 2.16 GHz/ch x 4channels
- 速度 : 7.04 Gbps (16QAM)  
10.56 Gbps (64QAM)



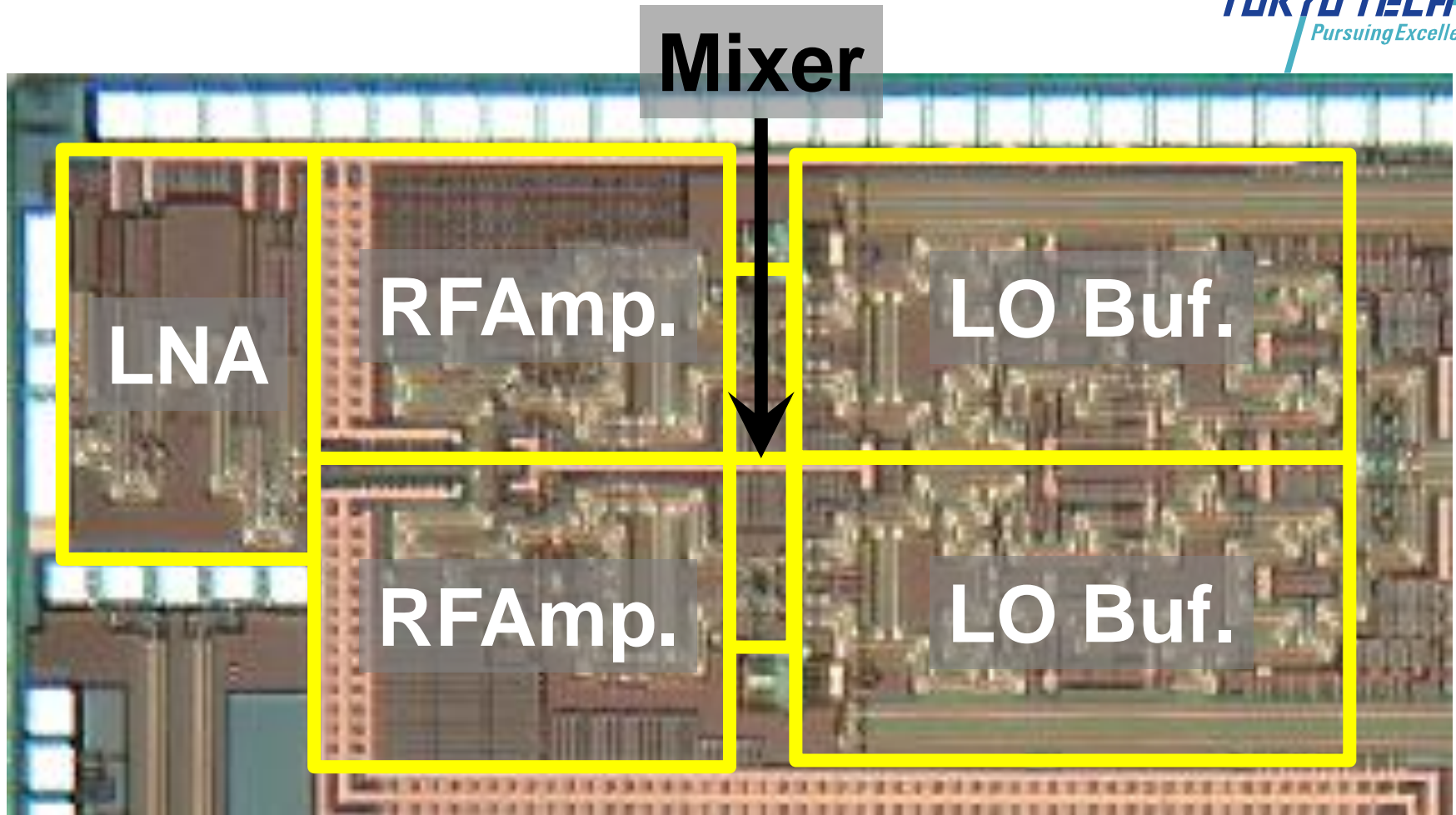
民生品へ適用し、大量生産する際の課題

- 面積（コストを抑える）
- 消費電力（モバイル端末への適用）

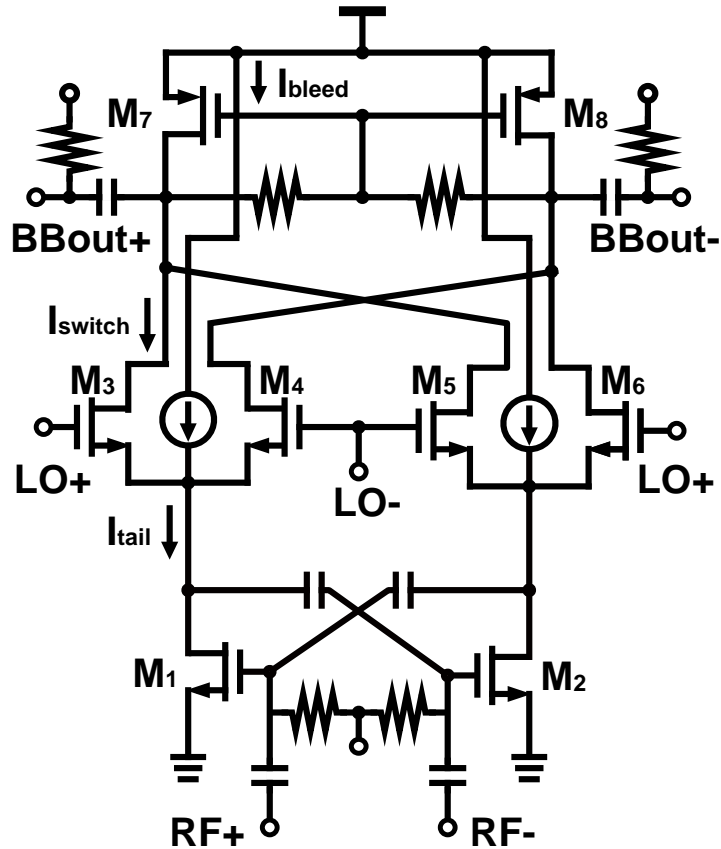
⇒ 高周波ではトランジスタのMAGが低い



小面積かつ低消費電力な60GHz帯受信回路の実現



Mixerを駆動させるため、大きなLOパワーが必要  
→3段のLO Buf.が必要であり、面積が大きい



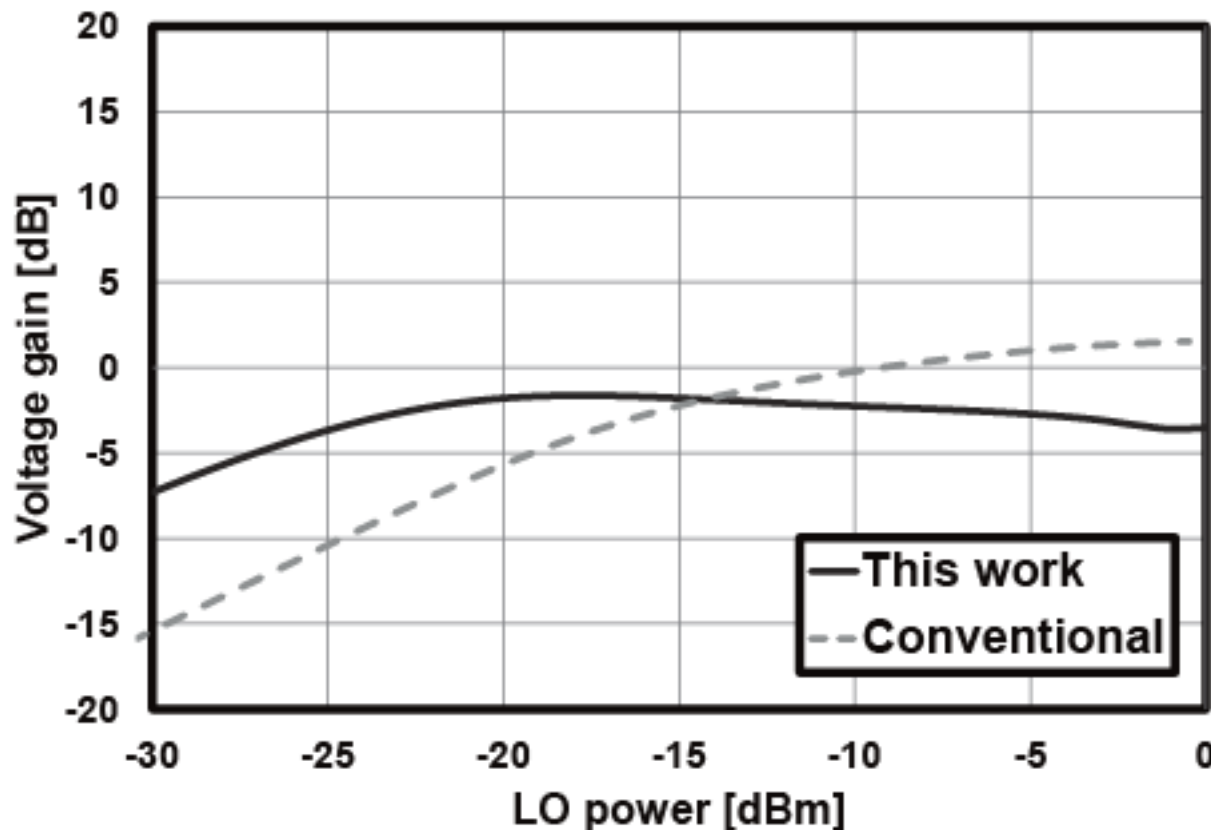
- RF入力部分をソース接地型に変更
- カレントブリーディングを用いてLow LO power化
- 入力部分のtail Trにキャパシタクロスカップルを使用し安定性とMAGを向上

$$I_{switch} = (I_{tail} - I_{bleed}) - k \frac{W}{4L} V_{LO} \sqrt{\frac{4(I_{tail} - I_{bleed})}{\frac{kW}{L}} - V_{LO}^2}$$

$$V_{LOSAT} = \sqrt{\frac{(I_{tail} - I_{bleed})}{\frac{2kW}{L}}}$$

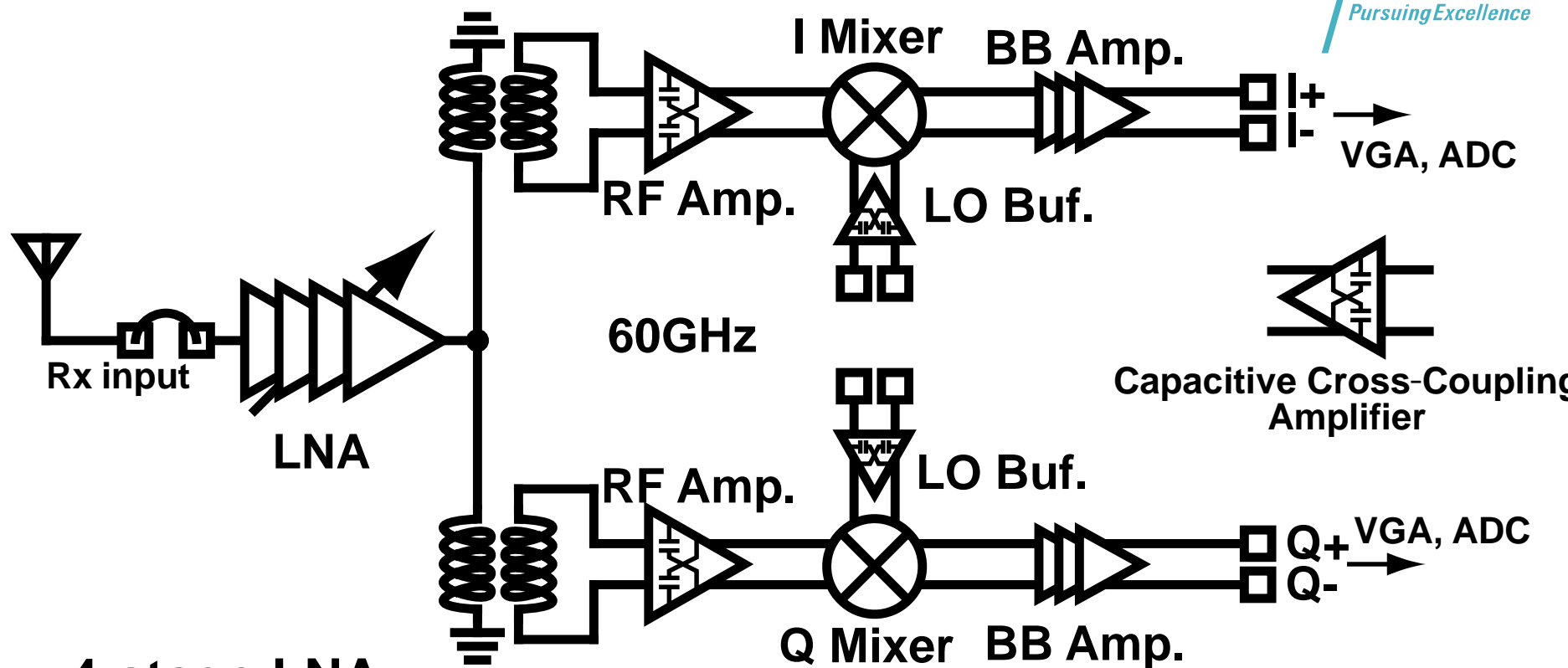


$I_{bleed}$ を増やすことにより、  
Low LO powerで動作可能



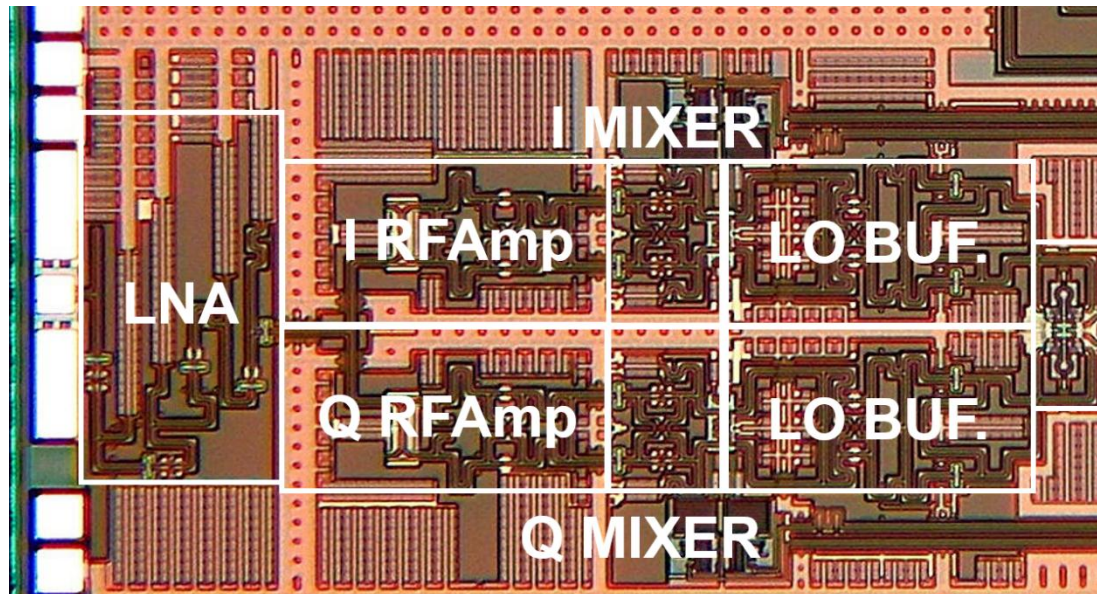
従来に比べ-10dBm程度低いLOパワーMixerを駆動  
→LO Buf.の段数削減が可能

# 全体回路構成



- 4-stage LNA
- 1-stage differential RF Amp
- Down conversion mixer using low LO power technique
- 2-stage BB Amp + source follower
- 2-stage LO buffer

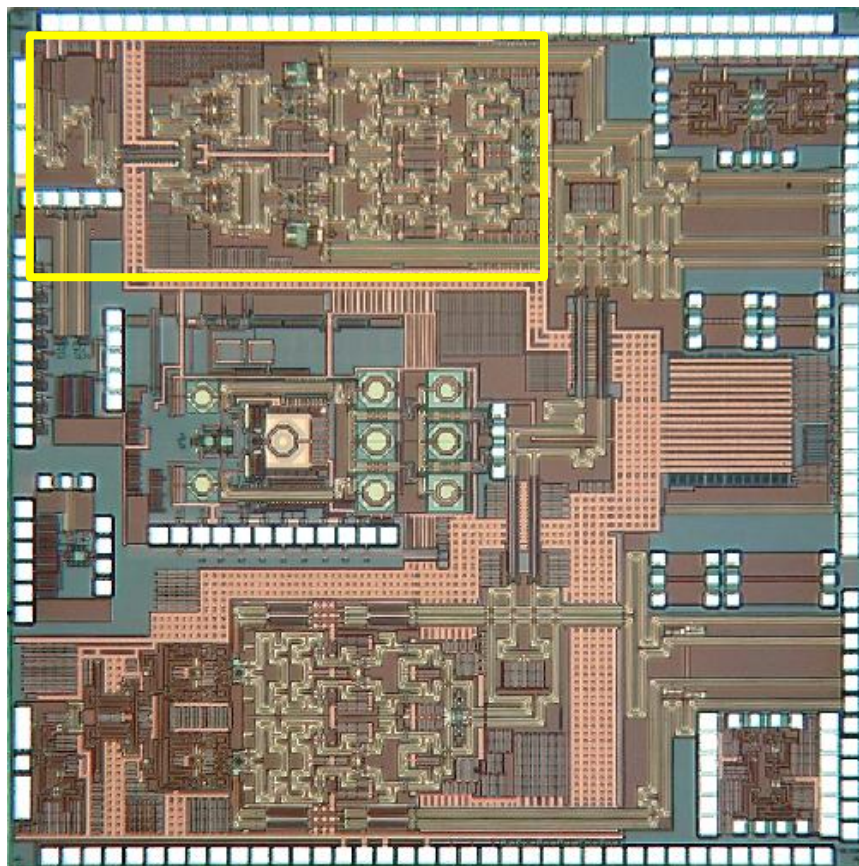




	Conventional	This work
MIXER	0.8 mW	23.3 mW
LO BUF.	61.1 mW	28.4 mW
TOTAL	61.9 mW	51.7 mW

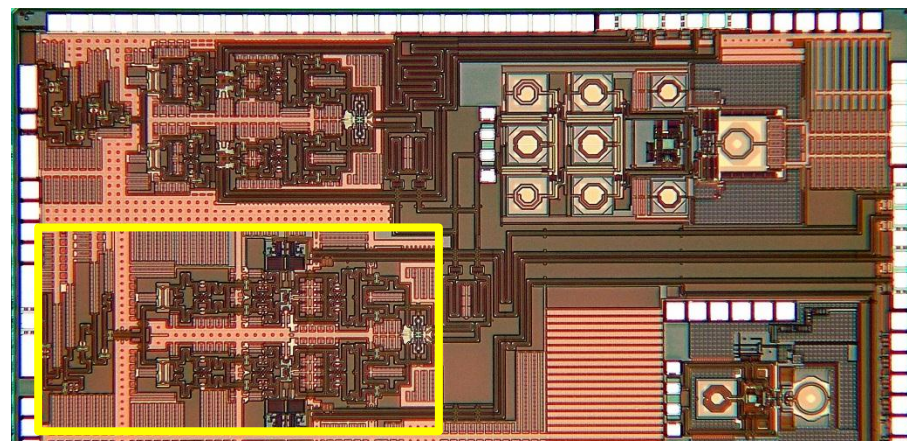
17%の消費電力削減を達成

## Conventional



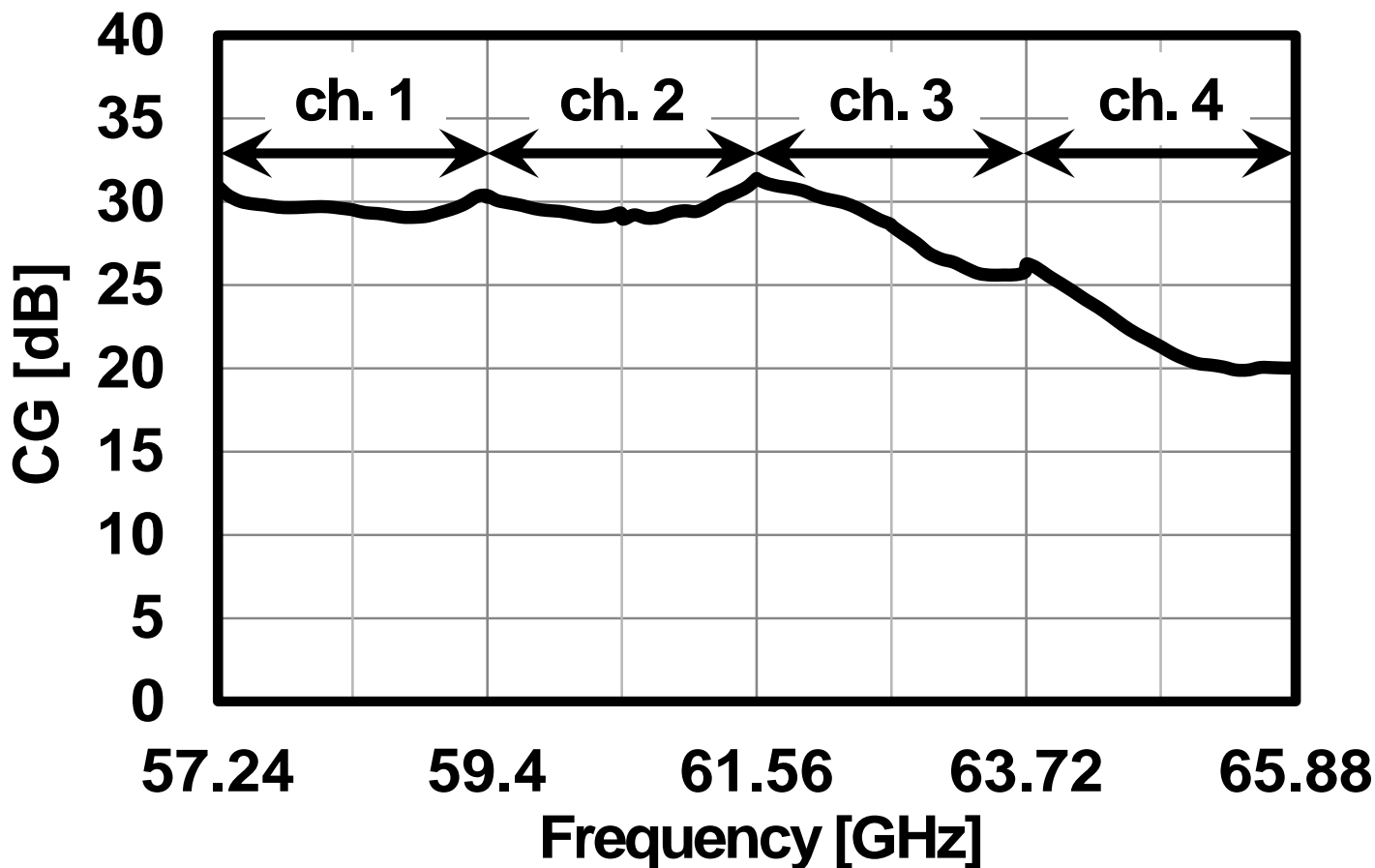
3.14mm<sup>2</sup>

## This work

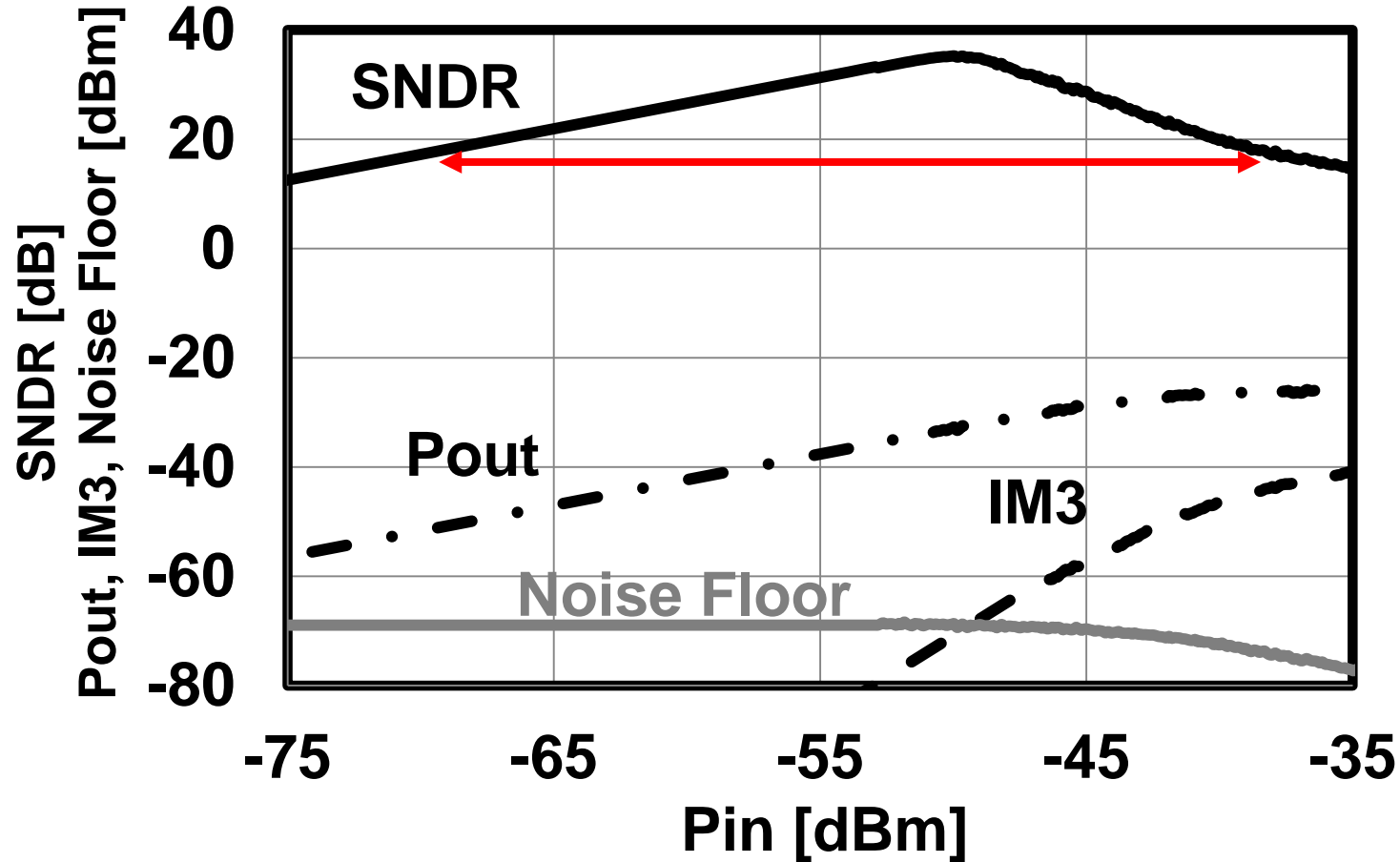


1.96mm<sup>2</sup>

40%の面積削減を達成

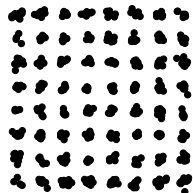
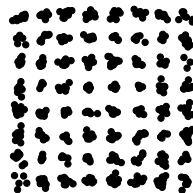
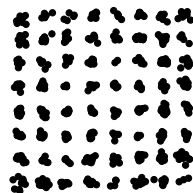
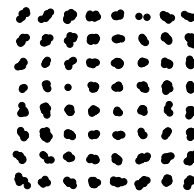
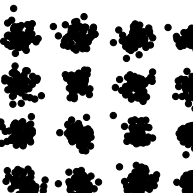
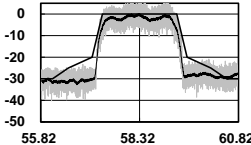
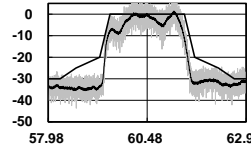
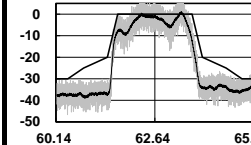
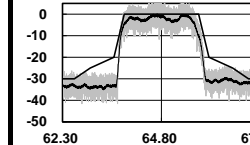
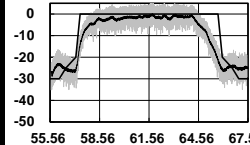


- ☹️ RF帯のシミュレーション精度が悪く、利得のフラットネスが劣化。



入力パワーに対して**30dBm**の範囲で、16QAM貫通に必要なSNDR>16.5dBを確保。

- 全チャンネルで**64QAM**通信を確認
- 16QAM、4チャンネルボンディングを用いて28.16Gb/sの通信速度を達成

Channel/ Carrier freq.	ch.1 58.32GHz	ch.2 60.48GHz	ch.3 62.64GHz	ch.4 64.80GHz	ch.1-ch.4 Channel bond
Modulation	64QAM				16QAM
Data rate*	10.56Gb/s	10.56Gb/s	10.56Gb/s	10.56Gb/s	28.16Gb/s
Constellation**					
Spectrum**					
TX EVM**	-27.1dB	-27.5dB	-28.0dB	-28.8dB	-20.0dB
TX-to-RX EVM***	-24.6dB	-23.9dB	-24.4dB	-26.3dB	-17.2dB

	Data rate / Modulation	Tx-to-Rx EVM	Integration	Power consumption
Tokyo Tech	11Gb/s(16QAM)	-17dB	65nm, direct-conversion, Tx, Rx, LO, antenna	Tx: 186mW Rx: 106mW PLL: 66mW
SiBeam	7.14Gb/s(16QAM)	-19dB	65nm, 32x32-array heterodyne, Tx, Rx, LO	Tx: 1,820mW Rx: 1,250mW
Tokyo Tech	16Gb/s(16QAM) 20Gb/s(16QAM)	-21dB	65nm, direct-conversion, Tx, Rx, LO, antenna, analog & digital BB	Tx: 319mW Rx: 223mW
IMEC	7Gb/s(16QAM)	-18dB	40nm, direct-conversion, Tx, RX, w/o PLL	Tx: 167mW Rx: 112mW
Panasonic	2.5Gb/s(QPSK)	-22dB	90nm, direct-conversion, Tx, Rx, LO, antenna, analog & digital BB	Tx: 347mW Rx: 274mW
This work	10.56Gb/s(64QAM) 28.16Gb/s(16QAM)	-26dB	65nm, direct-conversion, Tx, Rx, LO	Tx: 251mW Rx: 220mW

- 世界初の全4チャネル対応64QAM通信を達成
- 世界最高の通信速度28.16Gb/sを達成

- 小面積・低消費電力を実現するため、カレントブリーディングミキサを60GHz帯に適用した。
- ミキサ単体の面積・消費電力は増加するが、全体では面積・消費電力を削減できることを示した。
- この受信機を用いることにより、**64QAMの貫通**及び、16QAMの4チャンネルボンディングにより**28.16Gbps**の速度を実現した。

**Thank you for your attention !**