

# CMOSプロセスによる60GHz帯 無線送信回路の開発

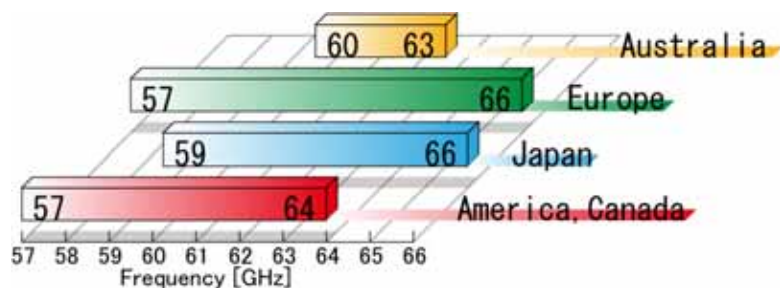
高山 直輝, 松下 幸太, 岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学

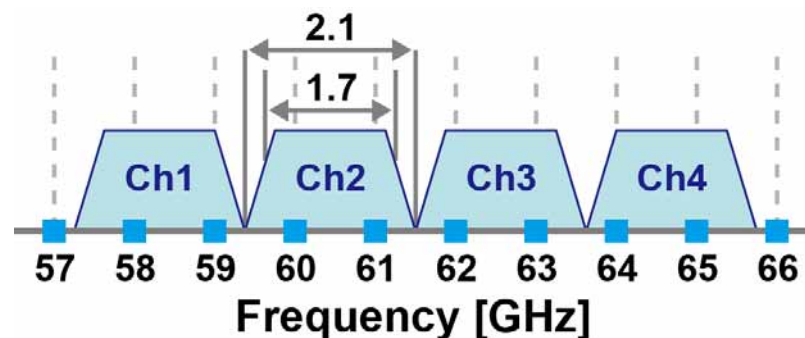
大学院理工学研究科電子物理工学専攻

- 研究背景
- 研究課題
- モデリング
  - トランジスタ
  - デカップリングキャパシタ
- 回路
  - 4-stage PA
  - PA + Up-conversion Mixer
- 測定結果
- まとめ

- 60GHz帯
  - 幅の広い帯域が無免許で使用可能
  - 超高速近距離無線通信への適応の期待大
  - IEEE 802.15.3c
    - 1.7 GHz × 4 ch
    - QPSK 14 Gbps, 64QAM 42 Gbps

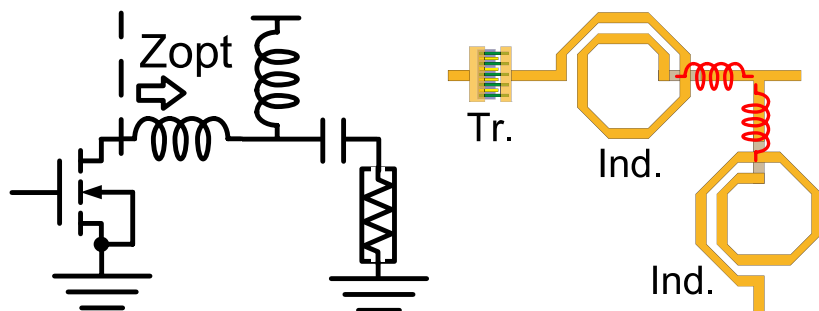


無免許で使用可能な  
周波数帯域

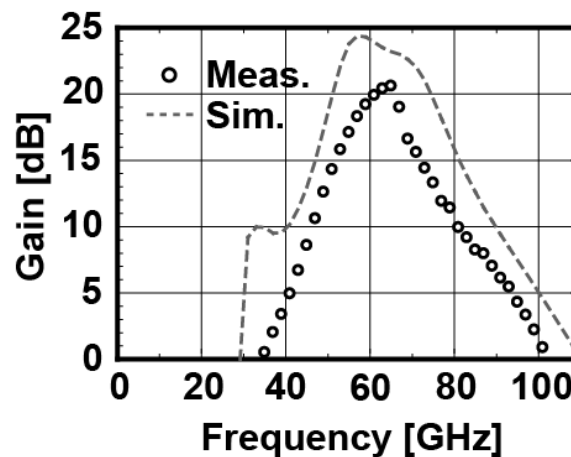


IEEE 802.15.3c

- 寄生成分の影響が大きい
  - 素子特性のFab.提供モデルとのズレ
  - 配線によるインピーダンスのズレ
  - シミュレーションの回路性能と実測が合わない
  - 素子、配線のモデリングが必要

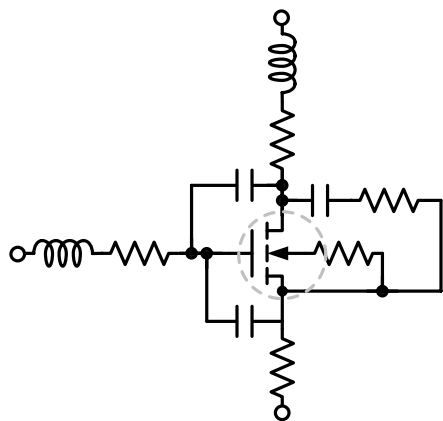


マッチングブロック

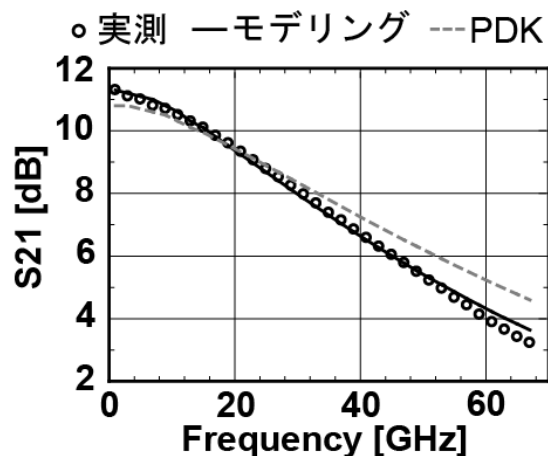


PAの特性

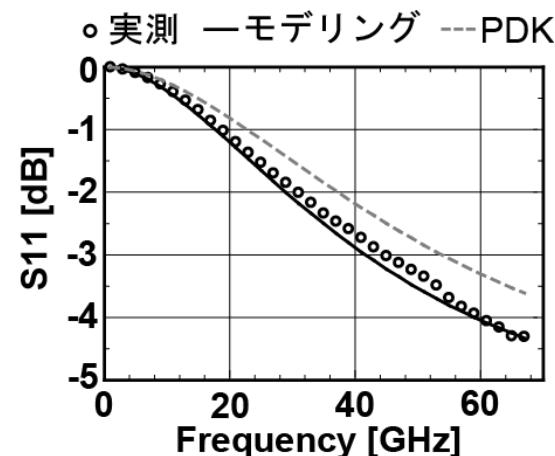
- 寄生成分を付け足し、測定データと合わせる
  - トランジスタの利得
    - 誤差 1 dB      0.2 dB
  - 反射特性
    - 誤差 0.8 dB      0.1 dB



## モデル回路

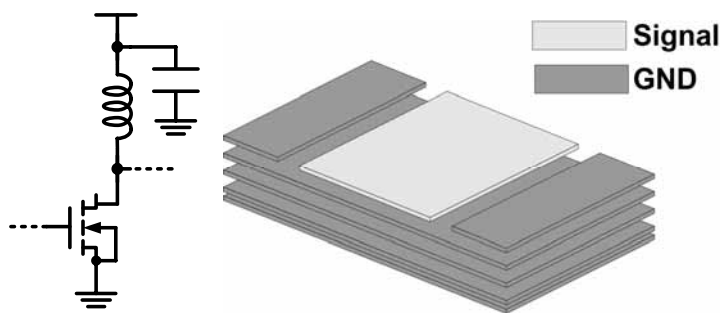


## 利得特性

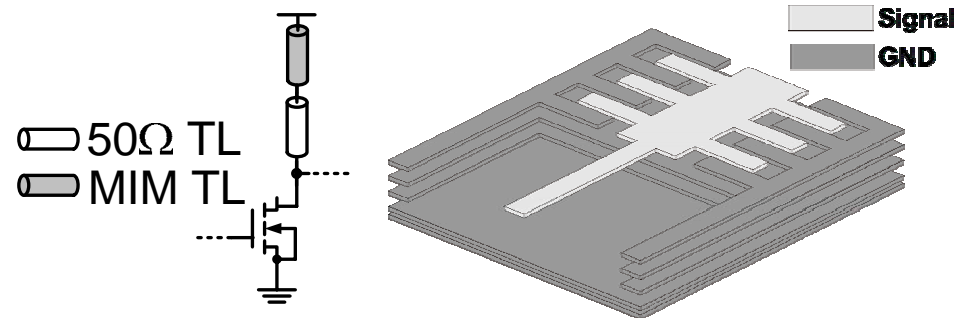


## 反射特性

- 低周波でのモデル
  - 平面構造
  - 集中定数として使用  
60GHz手前で自己共振
- ミリ波帯でのモデル
  - インターデジタル型
  - L、Cを分散させ、共振周波数を高める
  - 伝送線路としてモデリング



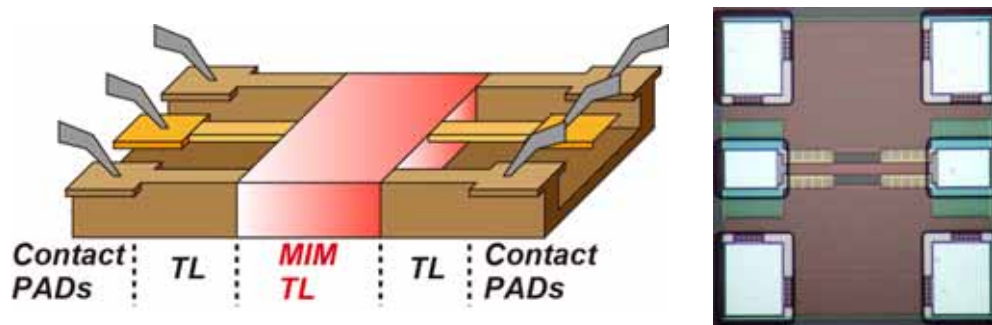
低周波モデル



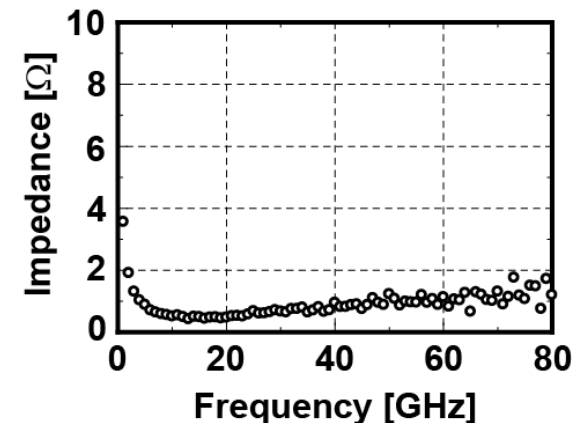
高周波モデル

# デカップリングキャパシタのモデリング 7

- MIM-TL、TL、パッドから成るTEGを試作
  - 測定データよりPADの成分を引く
  - TLのモデルより伝送線路部分を引く
- そのデータと合うようにMIM-TLのモデルを作製
  - 特性インピーダンス:  $1\Omega$ 程度

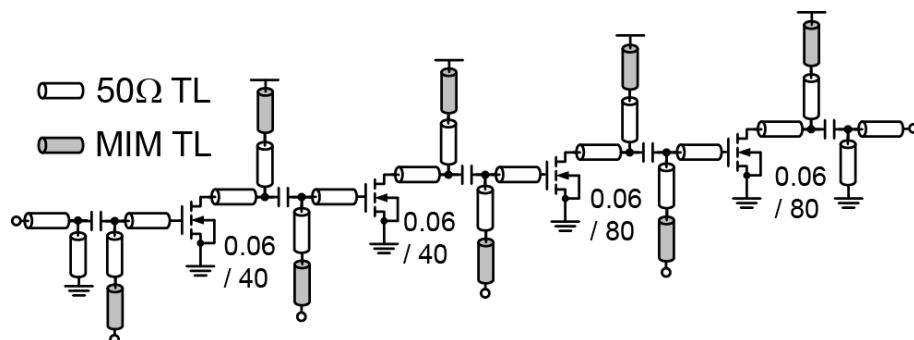


MIM-TLのTEG

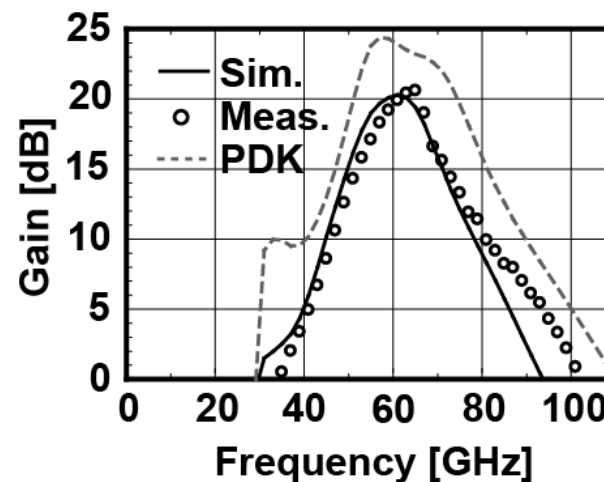


MIM-TLの  
特性インピーダンス

- 回路構成
  - モデリングした各素子を用いて設計
  - 4-stage
- 測定結果
  - 素子のモデリングにより、シミュレーションの精度が向上
    - Sim.-Meas.誤差 5dB      0.5dB以下



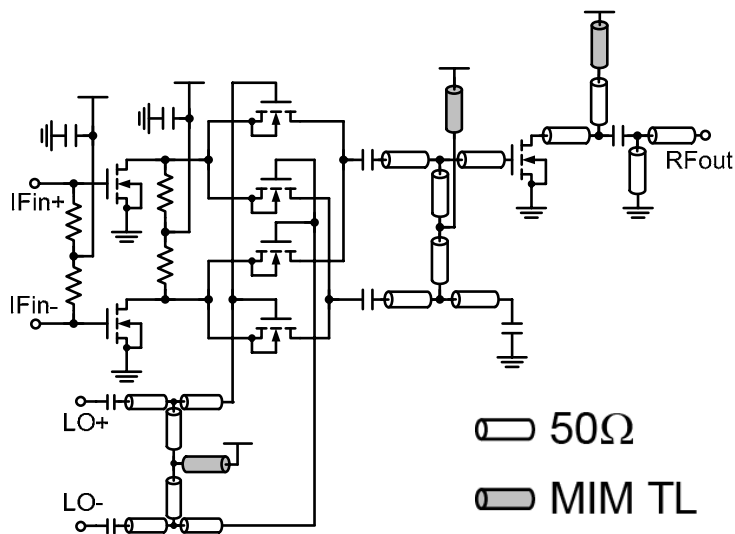
パワーアンプ回路図



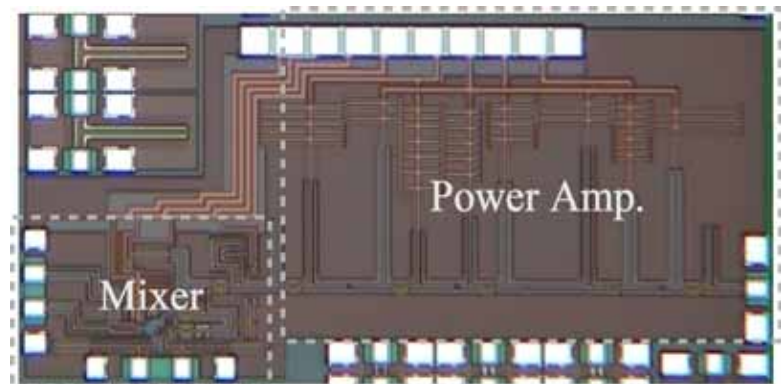
回路利得の測定結果



- CMOS65nmプロセスを用いて試作
- パッシブミキサ+IFバッファ+RFバッファ
- IFの入力は50Ωの抵抗で終端
- 他のポートは伝送線路でマッチング
- 単相出力にするため、出力の片側をCで終端



ミキサ回路図



PA+Mix. Chip写真

- PA + Up-conversion Mixer
  - 変換利得:10.6 dB,  $P_{1dB}$ :1.6 dBm
  - 57 ~ 66GHzの帯域において動作を確認

	Blocks	Freq. [GHz]	Gain [dB]	P1dB [dBm]	PDC [mW]	PLO [dBm]	VDD [V]
[1]	PA	51.2	19.5	3.1	150	-	1.2
[2]	PA	60	10	12.6	213	-	1
<b>This Work</b>	PA	60	19.5	9.4	139	-	1.2
[3]	Mix	60	<-4	-	70	-	1.5
[4]	Mix	56-65	<4	-5.6	24	0	1.6
<b>This Work</b>	Mix +PA	60	10.6	1.6	186	1	1.2

[1] Y. Jin, *et al.*, JSSC 2008 [2] N. Kurita, *et al.*, RFIC 2009

[3] S. Voinigescu, *et al.*, ISCAS 2007 [4] F. Zhang, *et al.*, EL 2008

- ミリ波帯回路設計のために素子のモデリングを行った
  - トランジスタ
  - キャパシタ
  - 伝送線路
  - デカップリングキャパシタ
- モデリングを行うことでPAの利得のシミュレーションと実測との誤差を減らせた
  - 誤差 5 dB → 0.5 dB以下
- 周波数ミキシング機能を持った60GHz帯送信機を試作し、以下の性能を得た
  - 変換利得: 10.6 dB、 $P_{1dB}$ : 1.6 dBm