

# ミリ波送信機におけるローカルリーク 抑制手法の検討

○吉田 剛、瀬尾 有輝、岡田 健一、松澤 昭

東京工業大学

理工学研究科 電子物理工学専攻

- ・研究背景、目的
- ・ダブルバランスミキサの問題点
- ・ローカルリークの抑制手法
- ・シミュレーション結果
- ・まとめ

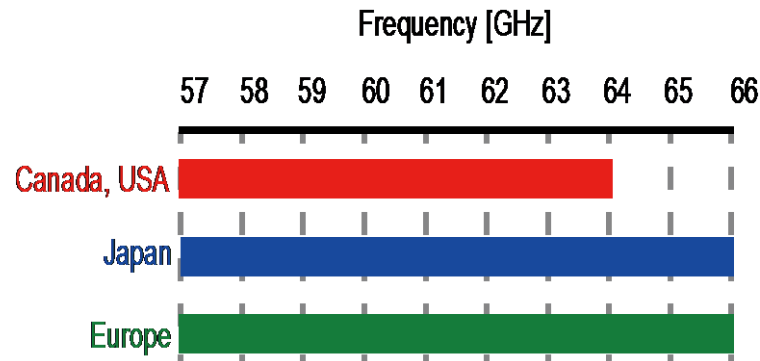
## 60GHz帯の特徴

- 😊 広いバンド幅が無免許で開放
- 😞 伝播中の損失が大きい



## 近距離高速無線通信への適用

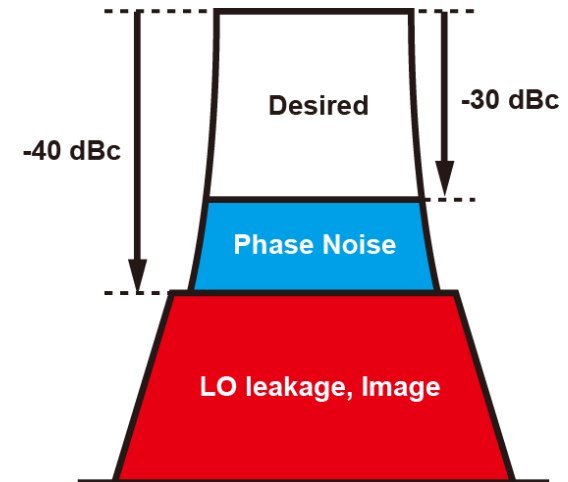
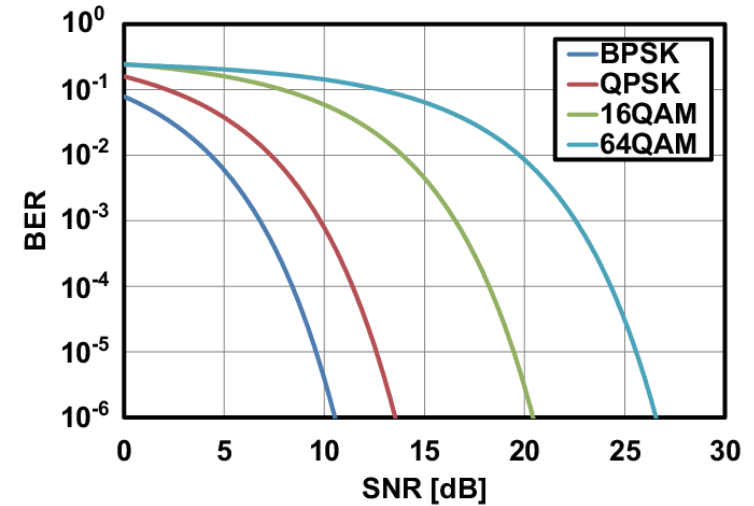
周波数:57.24GHz-65.88GHz  
通信速度:10.56Gbps(64QAM)



64QAMなど高度な変調方式  
で高いSNRが必要

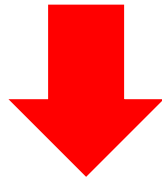


ローカルリークの抑制の着目  
目標値: -40dBc



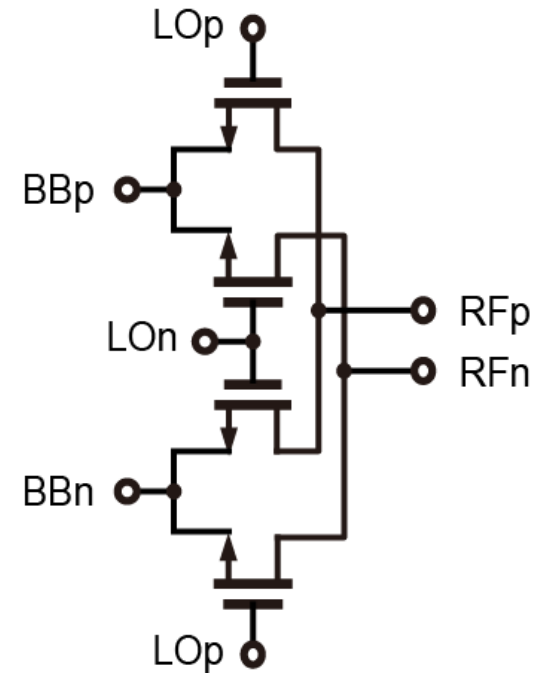
$$v_{out}(t) = \frac{2A_{BB}}{\pi} [\cos(\omega_{LO} - \omega_{BB})t + \cos(\omega_{LO} + \omega_{BB})t] + \dots$$

理論的にはローカルリークなし

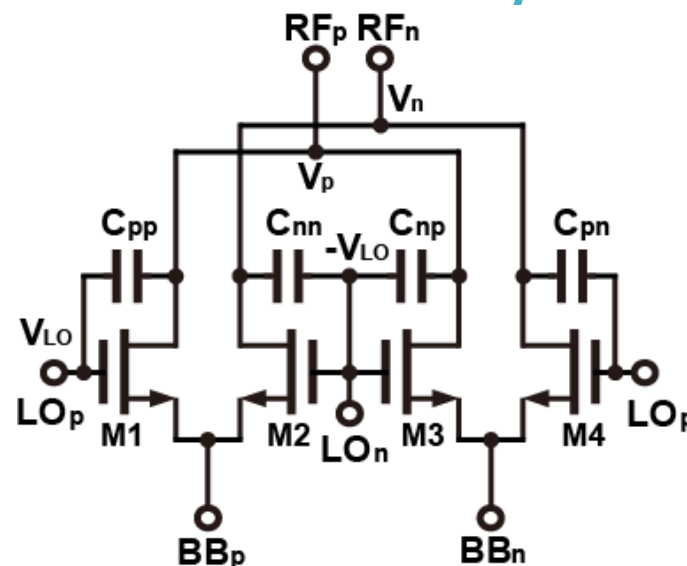
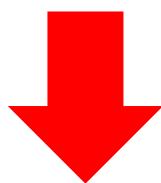


実際には

- 入力信号DCミスマッチ
  - しきい値ばらつき
  - 寄生容量ばらつき
- などによりローカルリークが発生



スイッチングトランジスタのしきい値、寄生容量ばらつき



$RF_p$  端でのキルヒホッフの電流則より

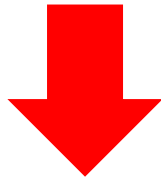
( $Y_{Lp}$ :  $RF_p$  端での負荷アドミタンス)

$$\begin{aligned}
 & V_p Y_{Lp} \\
 &= j\omega(C_{gd} + C_{pp})(V_{LO} - V_p) + j\omega(C_{gd} + C_{np})(-V_{LO} - V_p) \\
 &\quad - \frac{\mu C_{ox} W}{L} \left( V_{LO} - \frac{V_{BBp}}{2} - \frac{V_p}{2} - V_{th1} \right) (V_p - V_{BBp}) \\
 &\quad - \frac{\mu C_{ox} W}{L} \left( -V_{LO} - \frac{V_{BBp}}{2} - \frac{V_p}{2} - V_{th3} \right) (V_p - V_{BBn})
 \end{aligned}$$

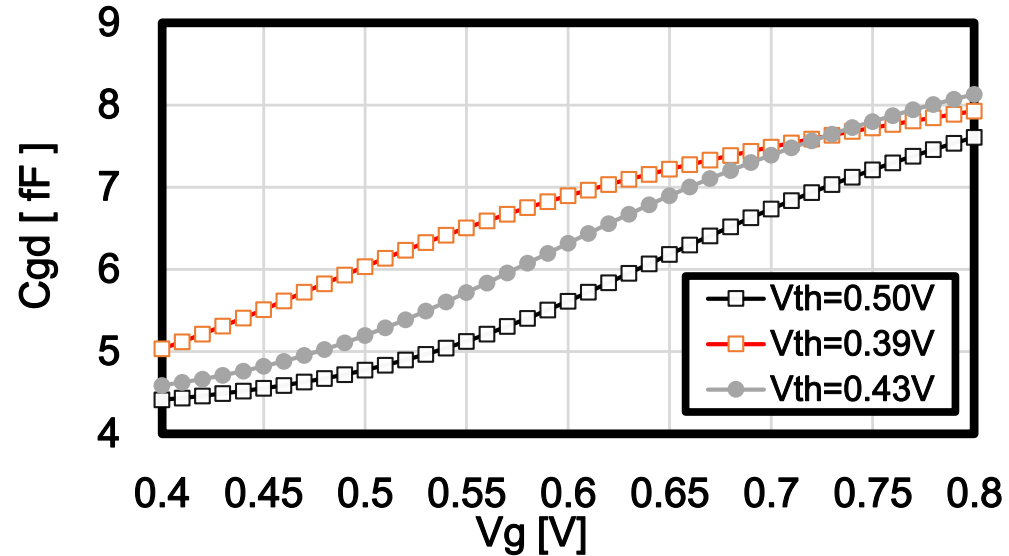
$RF_n$  端でも同様の計算を行うとRF端全体では

$$V_p - V_n \cong \frac{j\omega(C_{pp} + C_{nn} - C_{np} - C_{pn})V_{Lo} - \frac{\mu C_{ox}W}{L}V_{BB}(V_{th1} - V_{th2} + V_{th3} - V_{th4})}{Y + 2j\omega C_{gd} + \frac{\mu C_{ox}W}{L}V_{BB}}$$

ローカルリークの発生に関与する実効的な $C_{gd}$ はしきい値のばらつきやレイアウトによって変化する



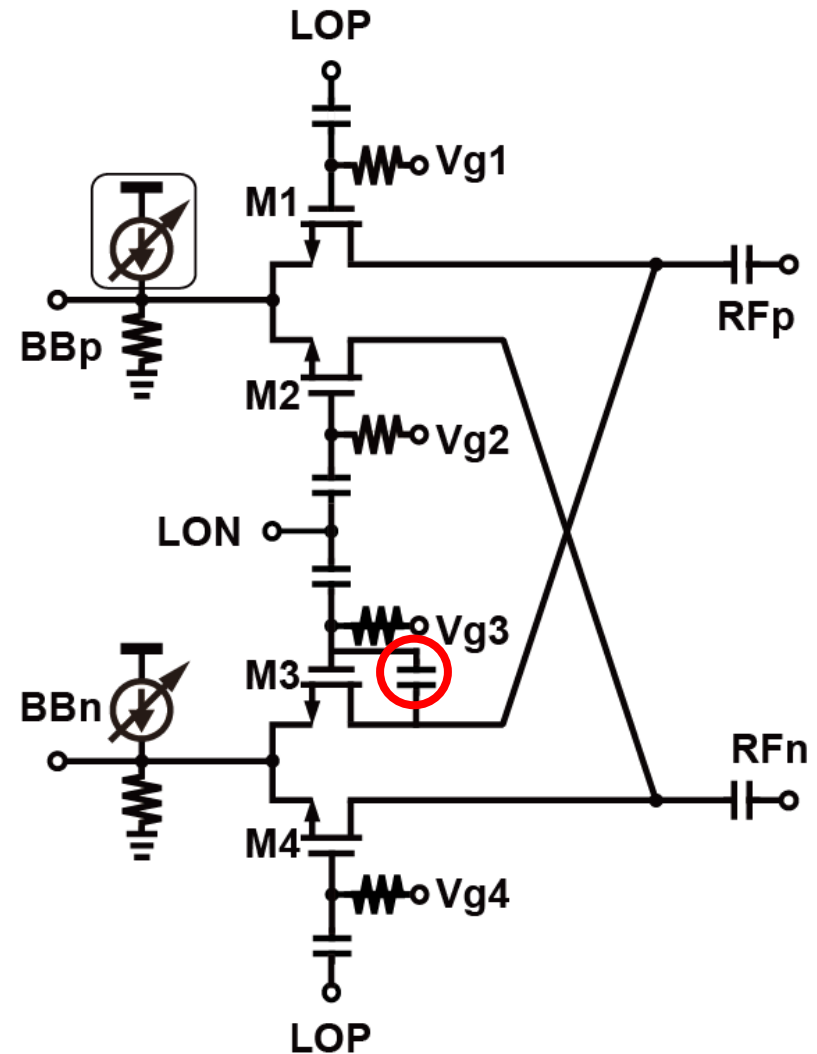
ゲートバイアス $V_g$ を調節することで1fF程度の $C_{gd}$ のばらつきは解消できるはず



$$C_{gd} = \frac{jY(1, 2)}{2\pi f}$$



- トランジスタのしきい値やゲートドレイン間に挿入した寄生容量の値をばらつかせる
- 4つのトランジスタを個別に調整できるような回路でゲートバイアス $V_g$ を調整する

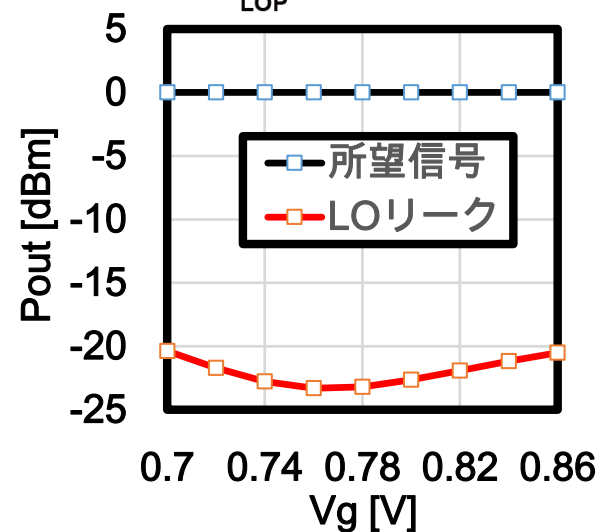
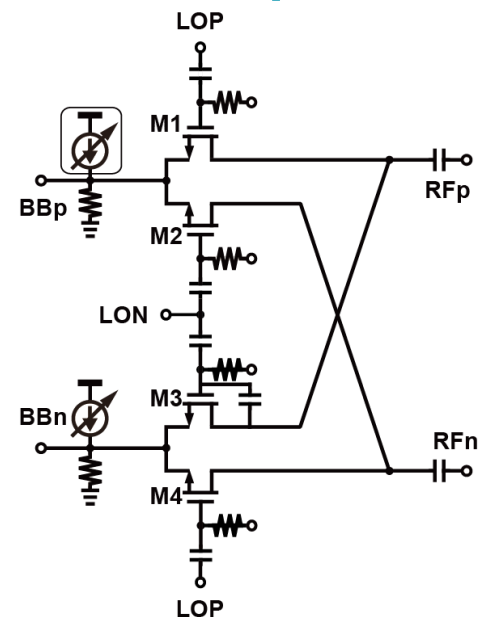


# シミュレーション結果-1- (寄生容量ばらつき小)

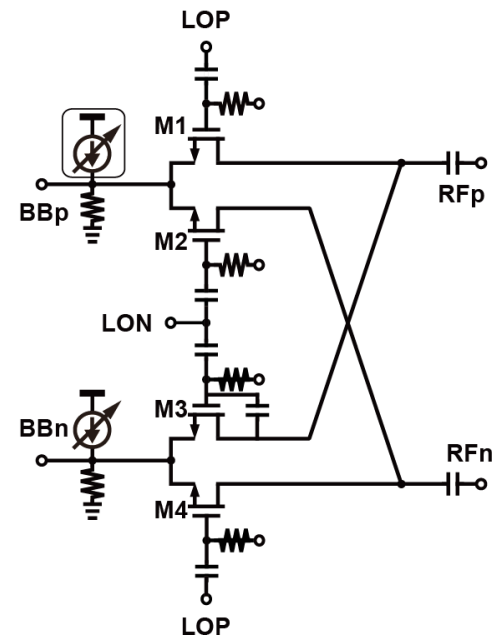
トランジスタ	しきい値	挿入した容量[fF]	実効的なゲート レイン間容量[fF]
M1	0.39	0	7.5
M2	0.43	0.6	8.0
M3	0.39	0.1	7.6
M4	0.5	0.3	7.0

	Vg1[V]	Vg2[V]	Vg3[V]	Vg4[V]	LO leak [dBc]
調整前	0.7	0.7	0.7	0.7	-21.1
調整後	0.7	0.68	0.7	0.76	-47.8

**-21.1dBc → -47.8dBc**



トランジスタ	しきい値	挿入した容量[fF]	実効的なゲートドレイン間容量[fF]
M1	0.39	0.5	8.0
M2	0.39	0.3	7.8
M3	0.5	0	6.7
M4	0.5	0.2	6.9



	Vg1[V]	Vg2[V]	Vg3[V]	Vg4[V]	LO leak [dBc]
調整前	0.7	0.7	0.7	0.7	-6.3
調整後	0.7	0.6	0.8	0.82	-26.2

**-6.3dBc → -26.2dBc**

スイッチングトランジスタのゲートバイアスを調整することによって、ローカルリークはある程度の寄生容量のばらつきであれば-40dBcまで抑制可能であることが確認できた

ご清聴ありがとうございました。