

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

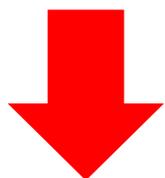
東京工業大学

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

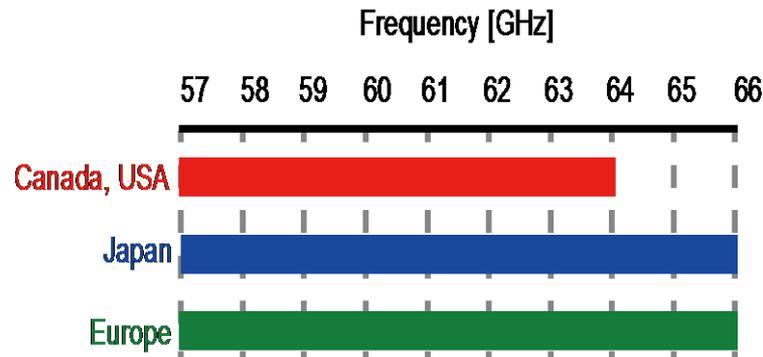
60GHz帯の特徴

- 😊 広いバンド幅が無免許で開放
- 😞 伝播中の損失が大きい

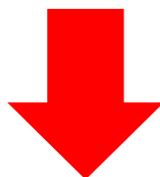


近距離高速無線通信への適用

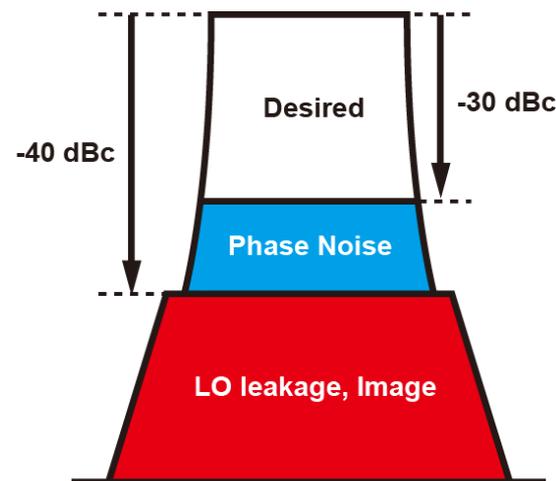
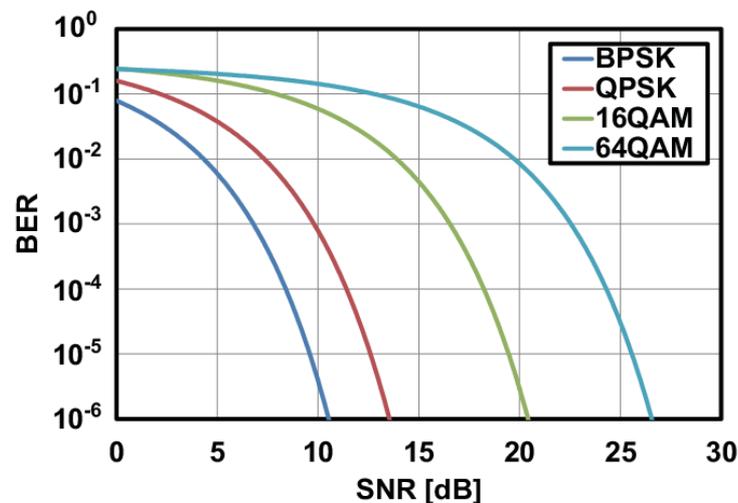
周波数:57.24GHz-65.88GHz
通信速度:10.56Gbps(64QAM)



64QAMなど高度な変調方式
で高いSNRが必要

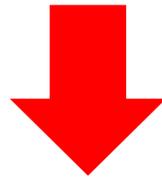


ローカルリークの抑制の着目
目標値: -40dBc



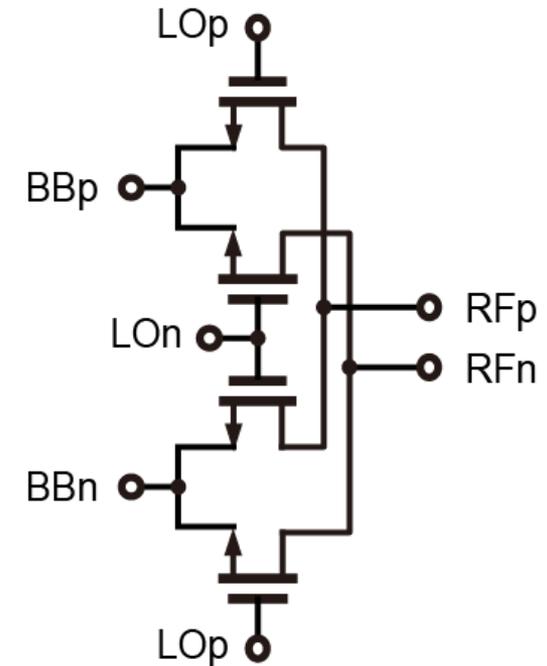
$$v_{out}(t) = \frac{2A_{BB}}{\pi} [\cos(\omega_{LO} - \omega_{BB})t + \cos(\omega_{LO} + \omega_{BB})t] + \dots$$

理論的にはローカルリークなし

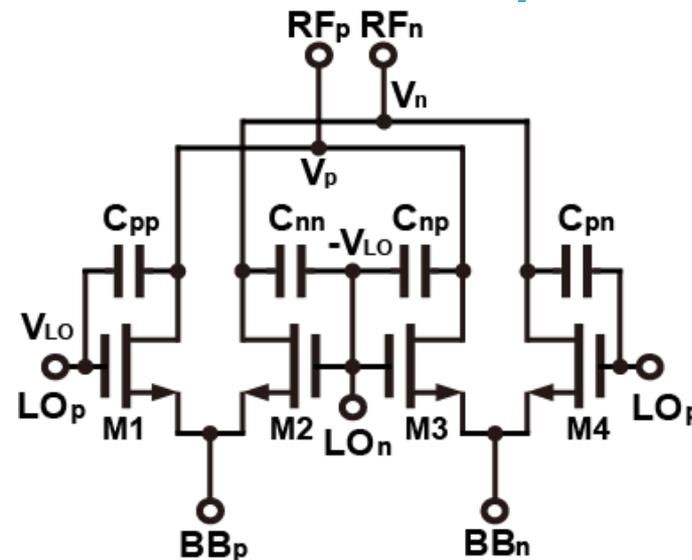
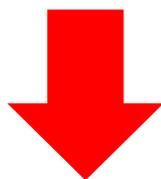


実際には

- 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)

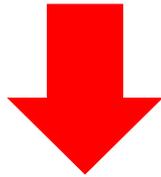
$$\begin{aligned}
 & V_p Y_{Lp} \\
 &= j\omega(C_{gd} + C_{pp})(V_{LO} - V_p) + j\omega(C_{gd} + C_{np})(-V_{LO} - V_p) \\
 & - \frac{\mu C_{ox} W}{L} \left(V_{LO} - \frac{V_{BBp}}{2} - \frac{V_p}{2} - V_{th1} \right) (V_p - V_{BBp}) \\
 & - \frac{\mu C_{ox} W}{L} \left(-V_{LO} - \frac{V_{BBp}}{2} -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

RF_n 端でも同様の計算を行うとRF端全体では

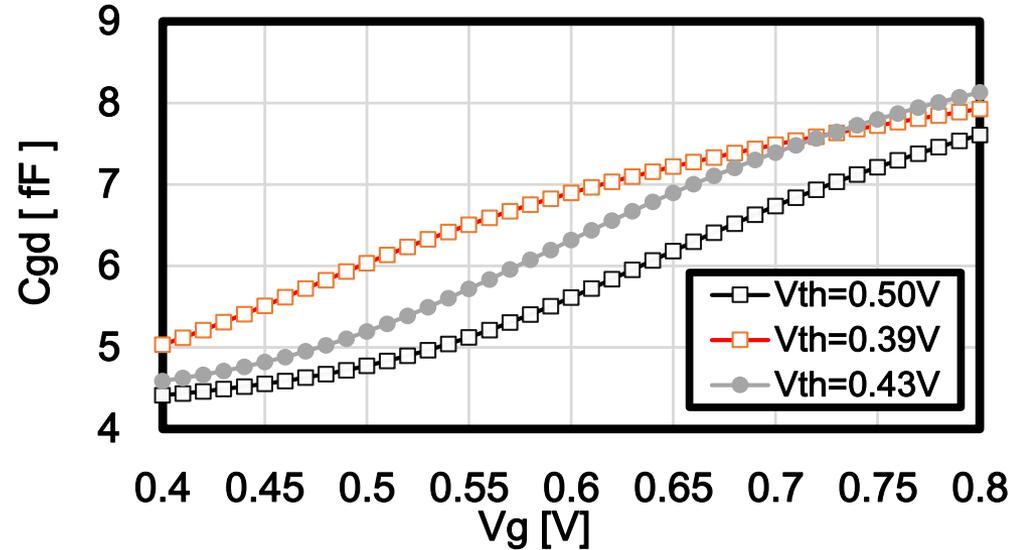
$$V_p - V_n \cong \frac{j\omega(C_{pp} + C_{nn} - C_{np} - C_{pn})V_{Lo} - \frac{\mu C_{ox}W}{L}V_{BB}(V_{th1} - V_{th2} + V_{th3} - V_{th4})}{Y + 2j\omega C_{gd} + \frac{\mu C_{ox}W}{L}V_{BB}}$$

C_{gd} - V_g 特性

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



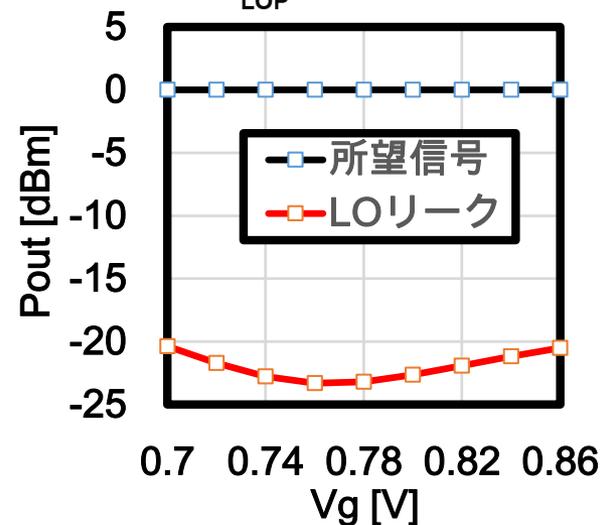
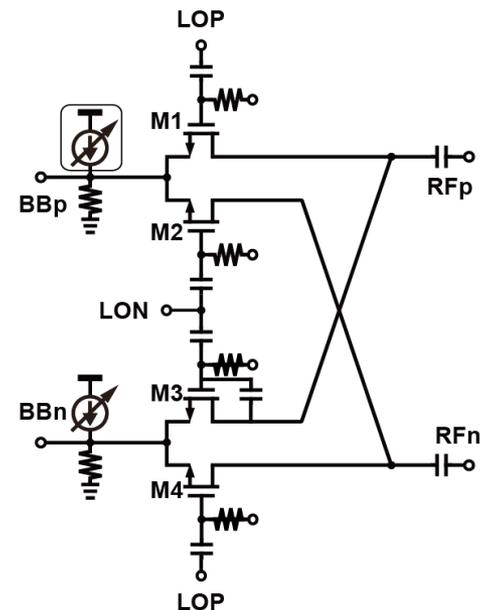
$$C_{gd} = \frac{jY(1, 2)}{2\pi f}$$

シミュレーション結果-1- (寄生容量ばらつき小)

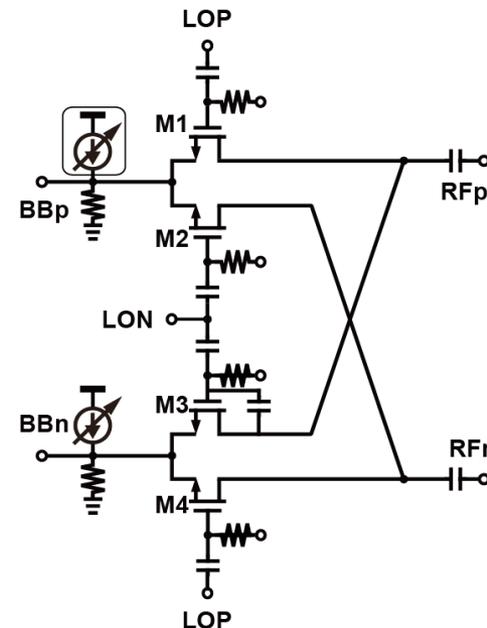
| トランジスタ | しきい値 | 挿入した容量[fF] | 実効的なゲートドレイン間容量[fF] |
|--------|------|------------|--------------------|
| M1 | 0.39 | 0 | 7.5 |
| M2 | 0.43 | 0.6 | 8.0 |
| M3 | 0.39 | 0.1 | 7.6 |
| M4 | 0.5 | 0.3 | 7.0 |

| | 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。