

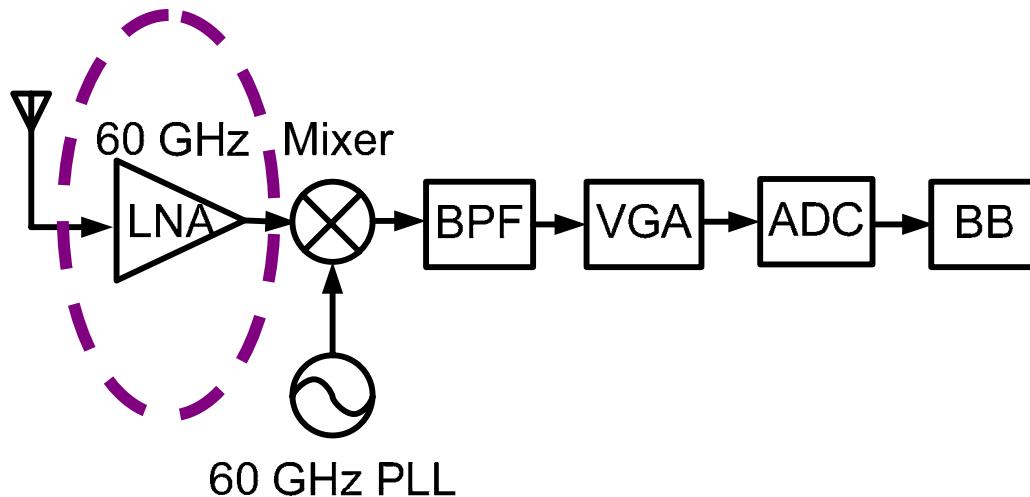
# ミリ波用低雑音増幅器の寄生相互インダクタンスの影響の検討

Investigation of the Parasitic Mutual Inductance of the Millimeter Wave Low Noise Amplifiers

李寧 岡田 健一 松澤 昭

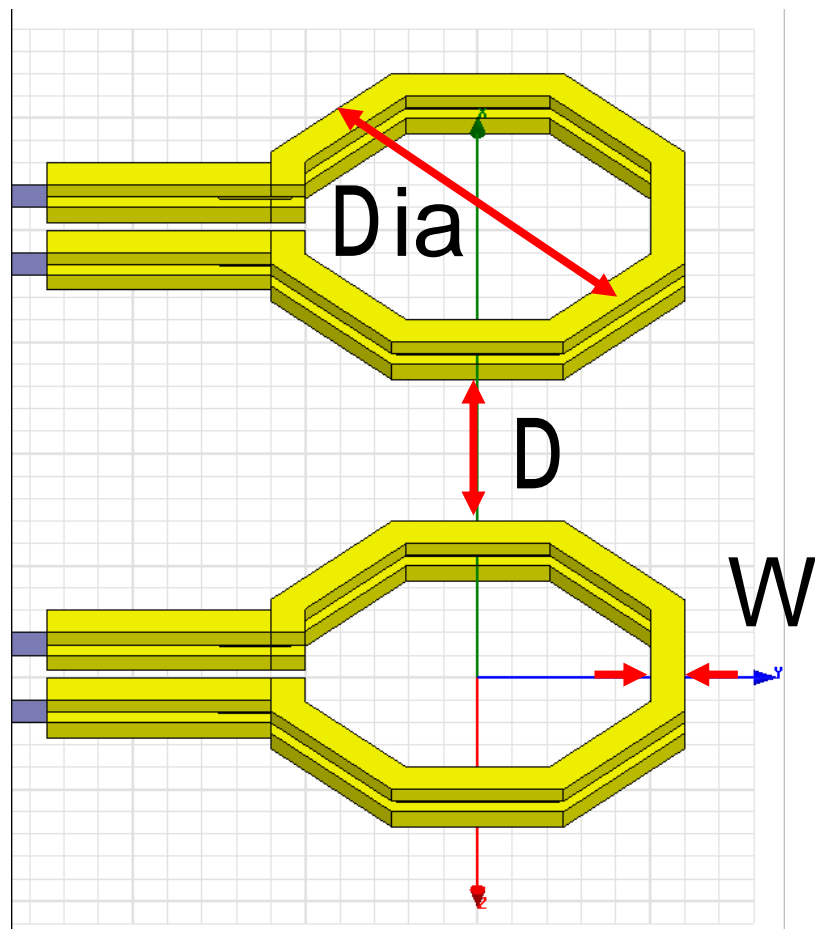
東京工業大学大学院理工学研究科

- 60GHz帯に最大で9GHz幅の非常に広い帯域が、免許なしで使用することができる。
- 60GHz帯を用いるとGbps単位の短距離高速無線通信の実現が可能である。
- 高周波では、寄生素子の影響が顕著である。



60GHz受信機のアーキテクチャ

- 寄生相互インダクタンスの結合係数とインダクタ間の距離の関係を検討する。
- ミリ波用LNA における寄生相互インダクタンスの影響をシミュレーションにより求める。



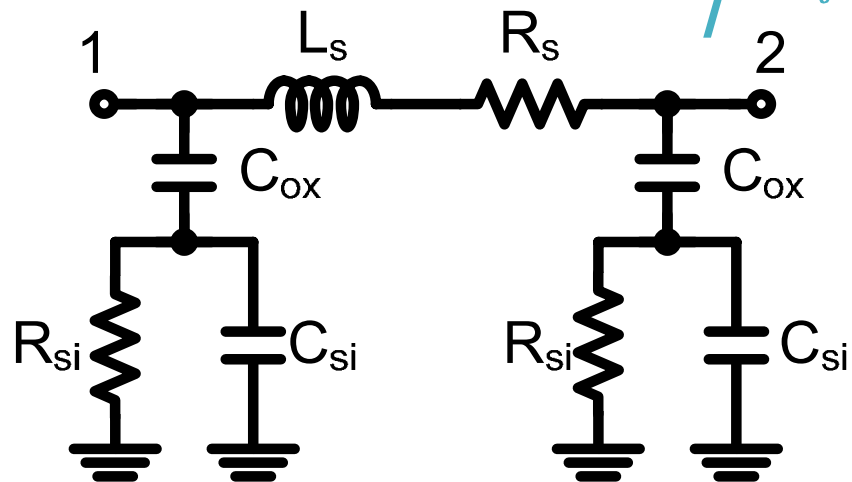
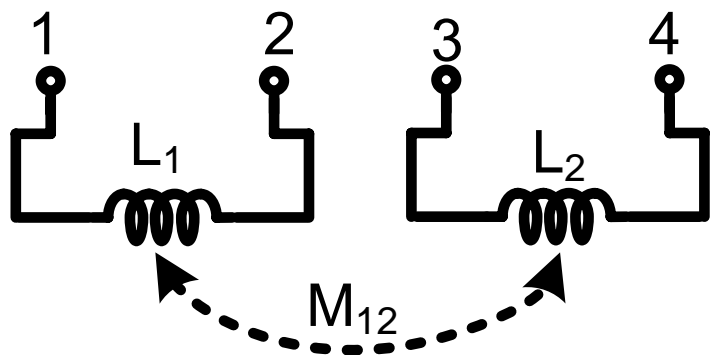
二つのインダクタンスの距離，  
外径と線幅を変更して、  
HFSSでシミュレーションした。

Dia : 外径

D : 距離

W : 線幅

# 結合係数の計算方法

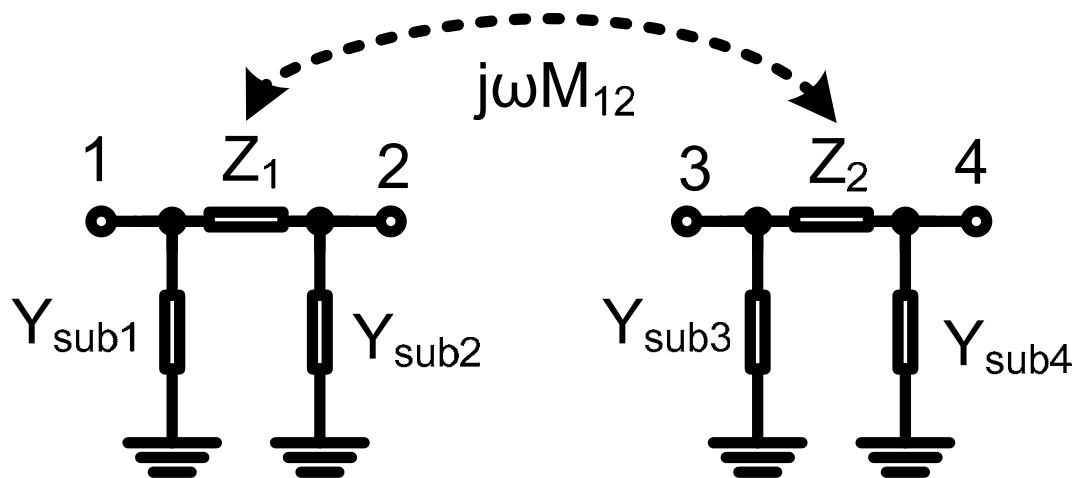


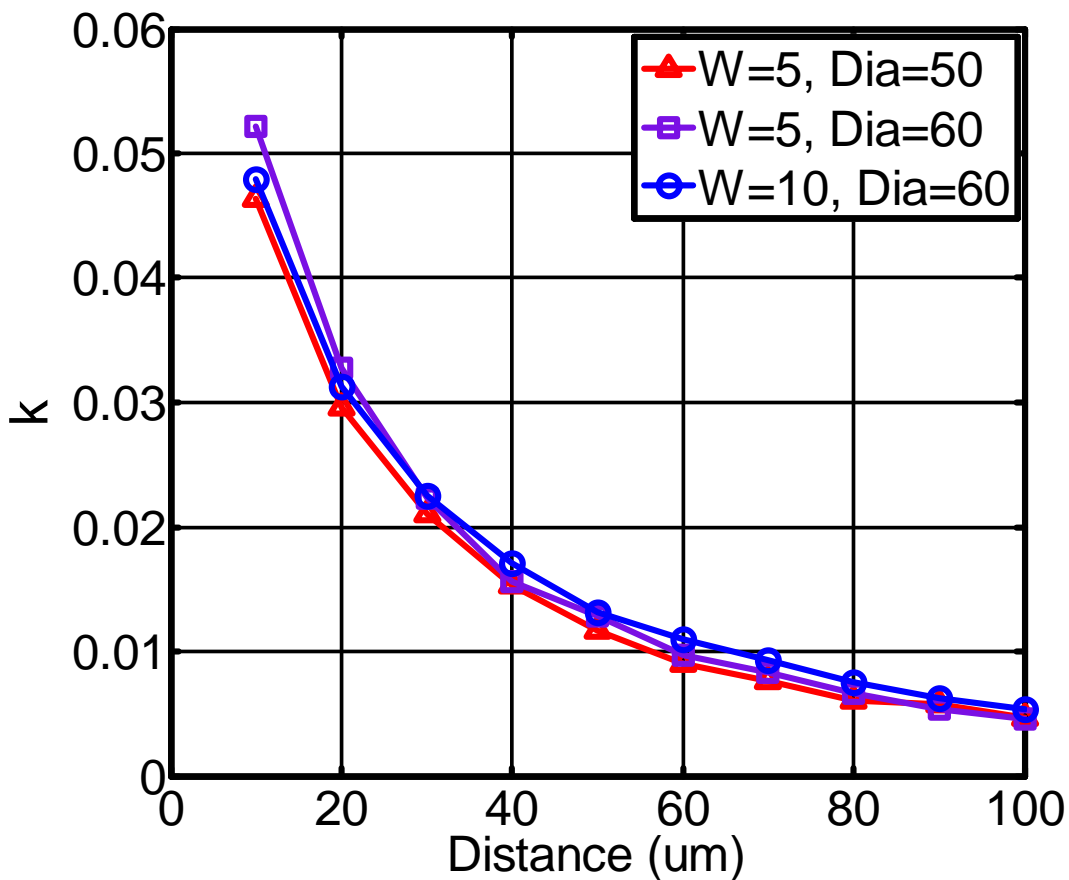
## 型等価回路

HFSSでシミュレーション  
Sパラメータ Yパラメータ



$L_1, L_2, M_{12}$





W : インダクタの線幅

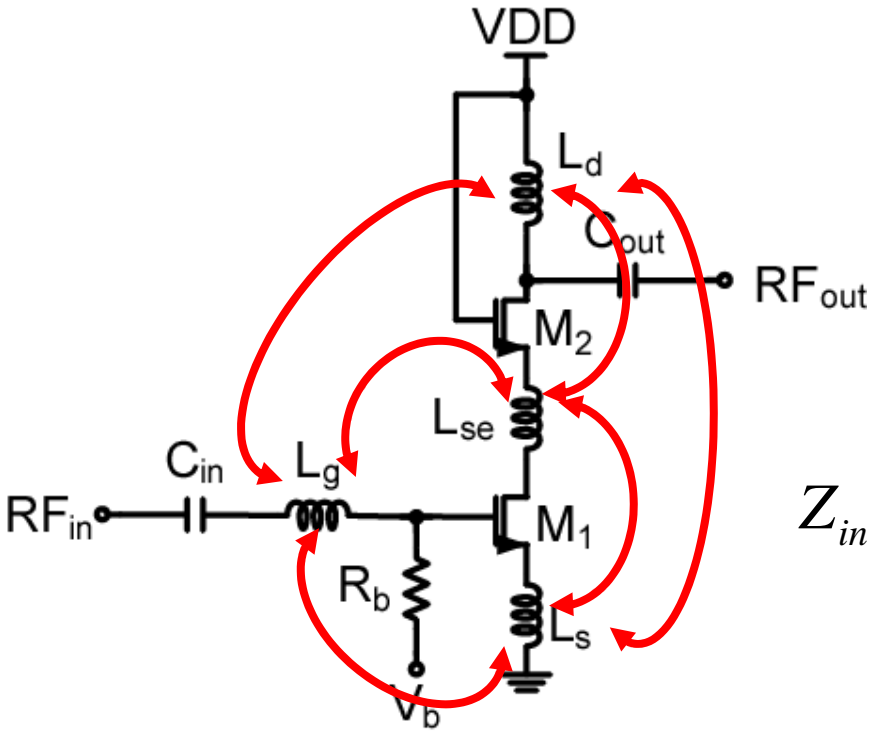
Dia : インダクタの外径

$$k = \frac{M_{12}}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

$$0.005 < k < 0.05$$

寄生相互インダクタンスの結合係数とインダクタ間の距離の関係。

90 nm CMOS プロセス



LNAの回路図

$$Gain \approx g_{m1} Z_{out1} g_{m2} Z_{out2}$$

$$Z_{in} = j\omega(L_g + L_s) - \frac{1}{j\omega C_{gs1}} + R_{eq} + g_m \frac{L_s}{C_{gs1}}$$

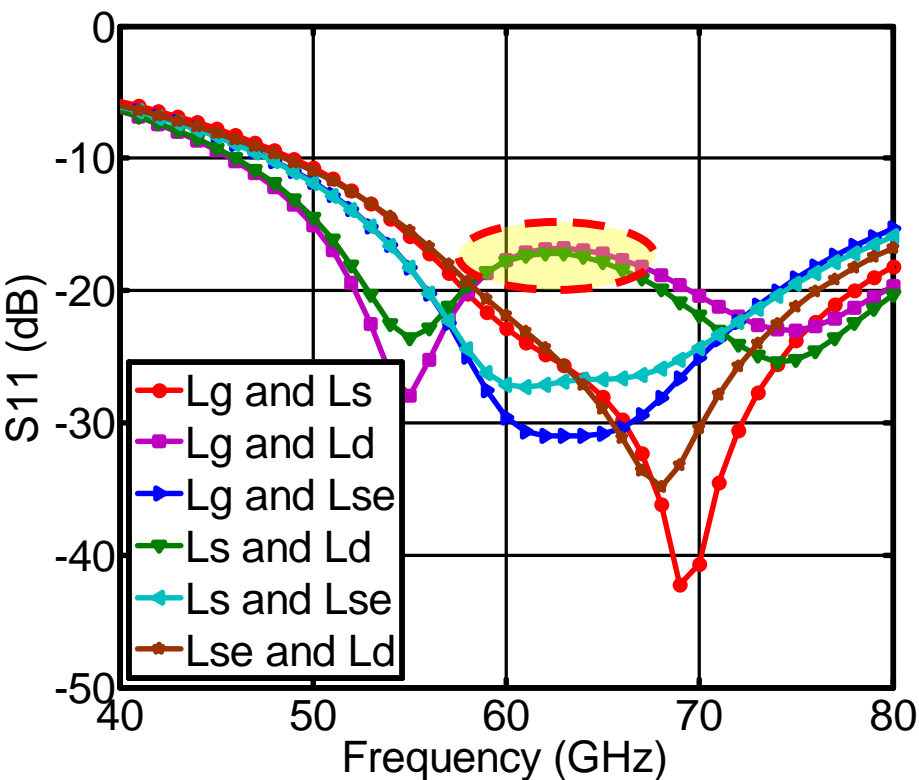
$$j\omega(L_g + L_s) - \frac{1}{j\omega C_{gs1}} = 0$$

$$R_{eq} + g_{m1} \frac{L_s}{C_{gs1}} = 50$$

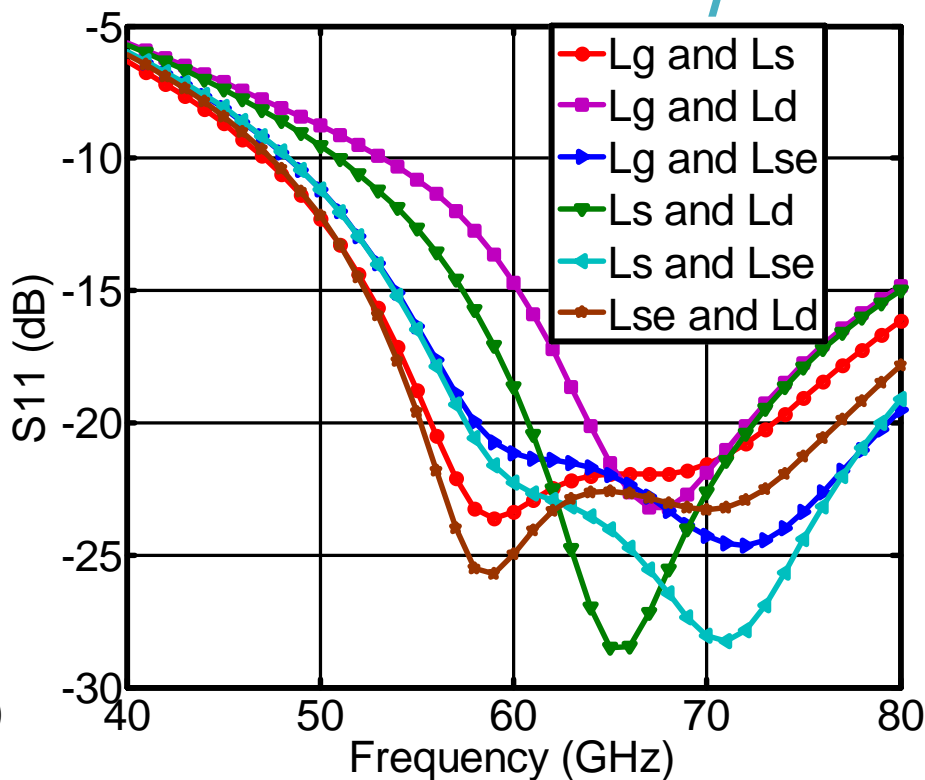
$L_g$ と $L_s$ : 入力マッチング

$L_{se}$ : 中間ノードのインピーダンス補償用

$L_d$ : 負荷



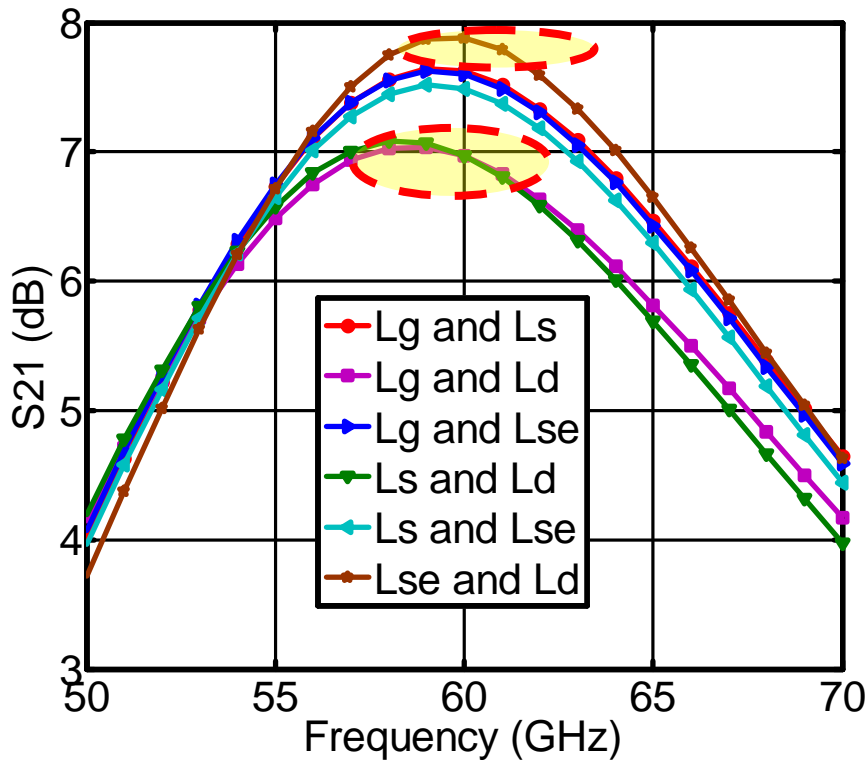
$k = -0.05$



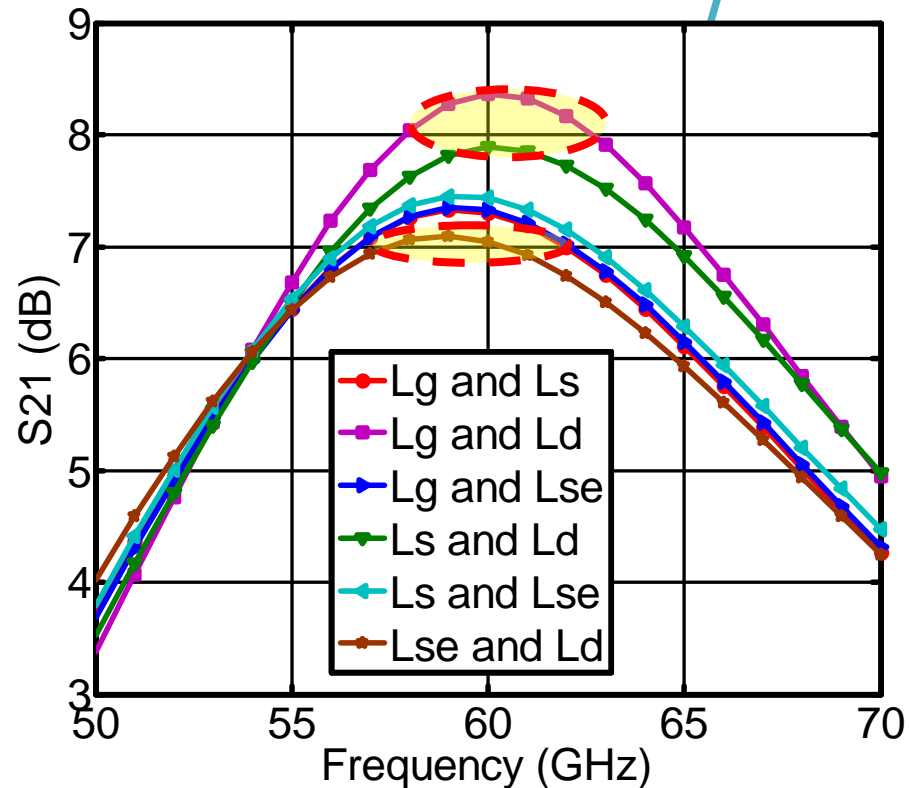
$k = 0.05$

$L_g$ と $L_d$ 、 $L_s$ と $L_d$ の間の相互インダクタンスが負であることによって $S_{11}$ は劣化。

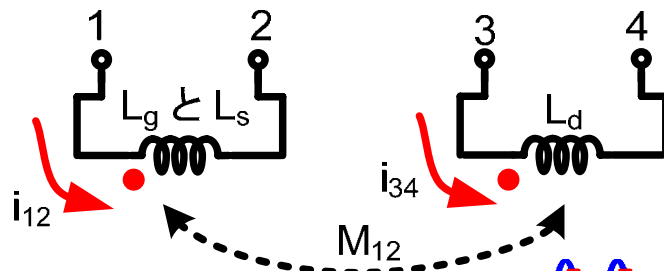
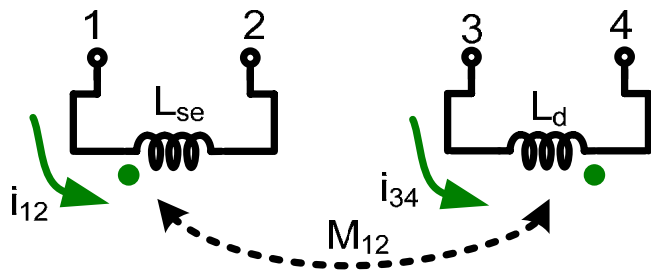




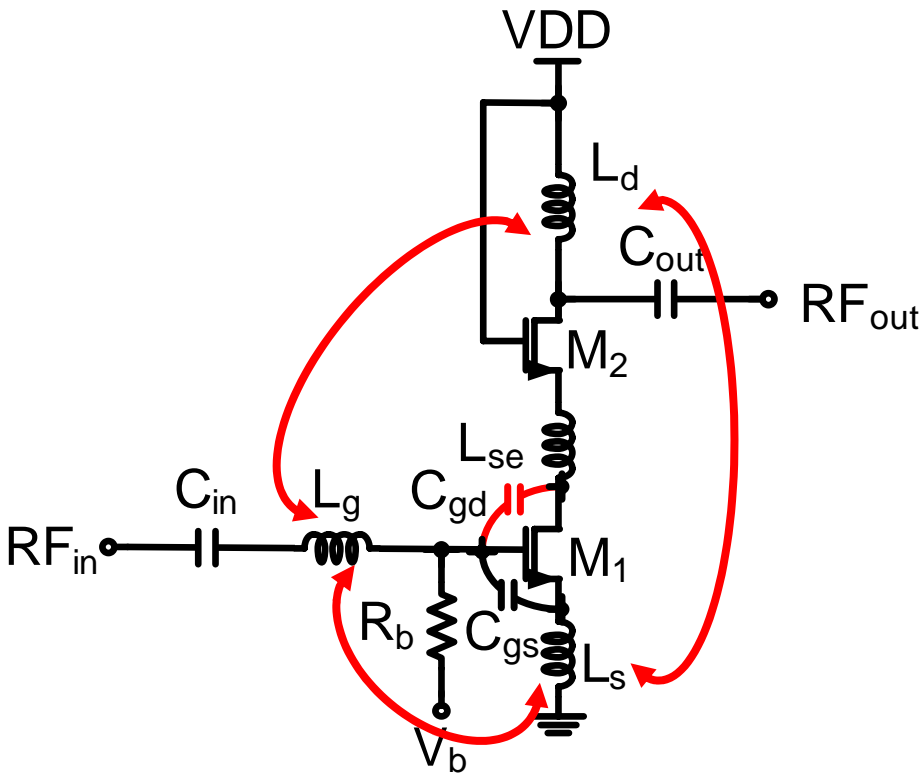
$k = -0.05$



$k = 0.05$



90 nm CMOS プロセス



LNAの回路図

$$j\omega(L_g + L_s) - \frac{1}{j\omega C_{gs}} = 0$$

$$R_{eq} + g_m \frac{L_s}{C_{gs}} = 50$$

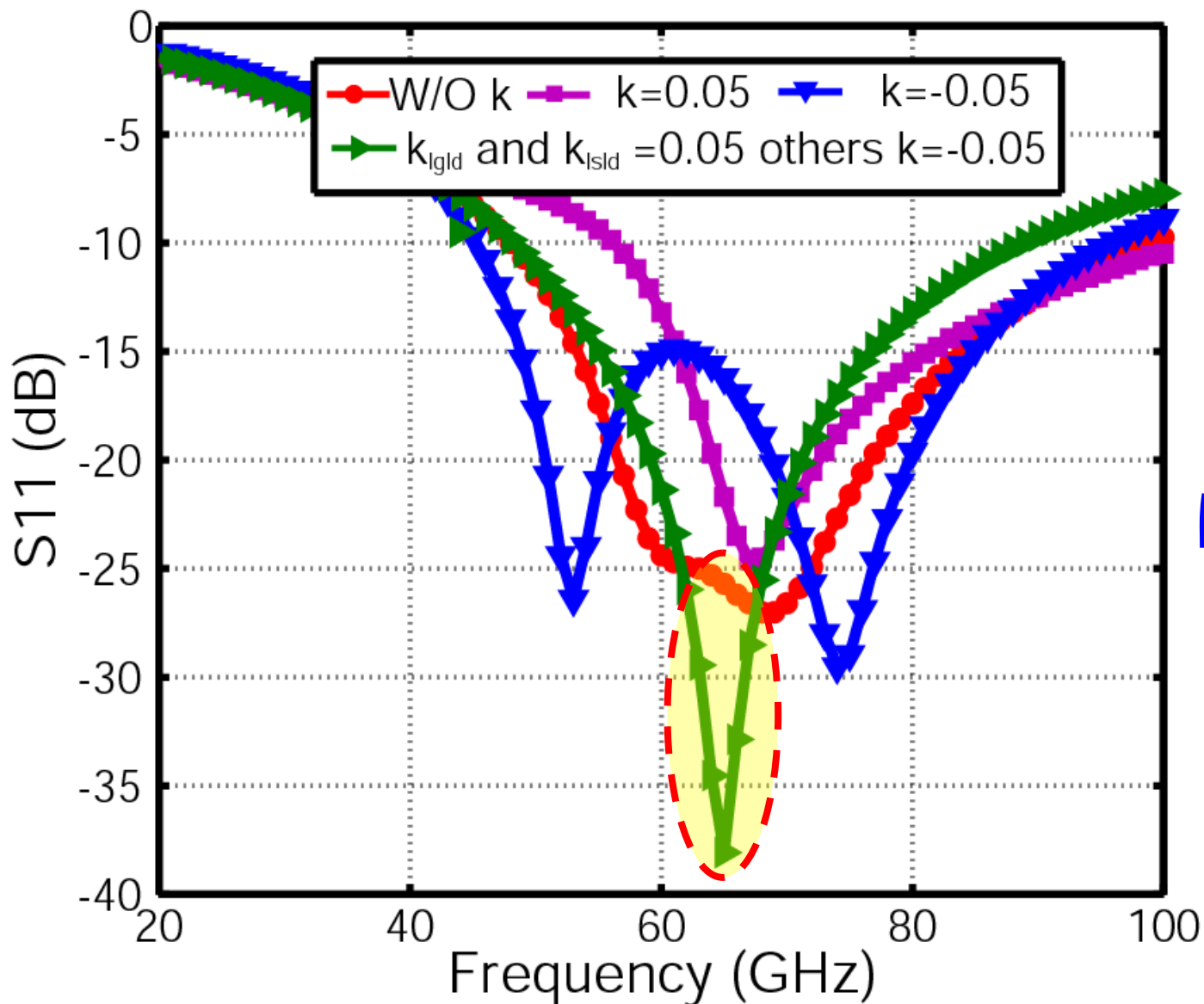
$$Gain \approx g_{m1} Z_{out1} g_{m2} Z_{out2}$$

$L_g$ と $L_s$ : 入力マッチング

$L_{se}$ : 中間ノードのインピーダンス補償用

$L_d$ : 負荷

# 反射特性 (S11)

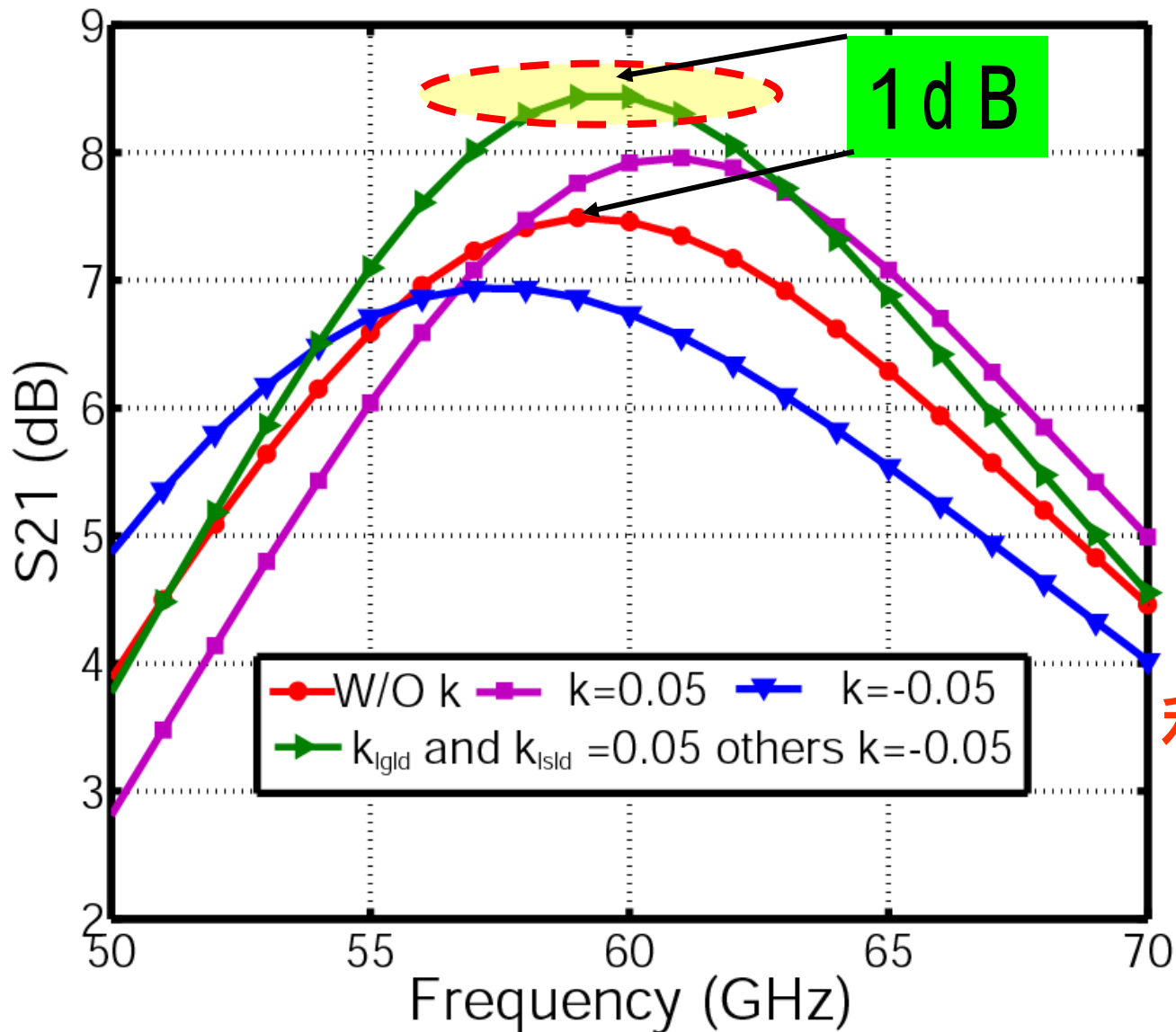


$k_{LgLd}=0.05$

$k_{LsLd}=0.05$

ほかには-0.05

# 利得 ( S21 )



$$k_{LgLd}=0.05$$

$$k_{LsLd}=0.05$$

ほかには-0.05

利得が1 dB上がる

- インダクタンスを用いたミリ波用LNAについて、寄生相互インダクタンスの影響を検討した。
- 寄生相互インダクタンスにより、入力マッチングと利得が劣化することがある。
- 相互インダクタをうまく利用することで、性能を改善できる場合があることを示した。