

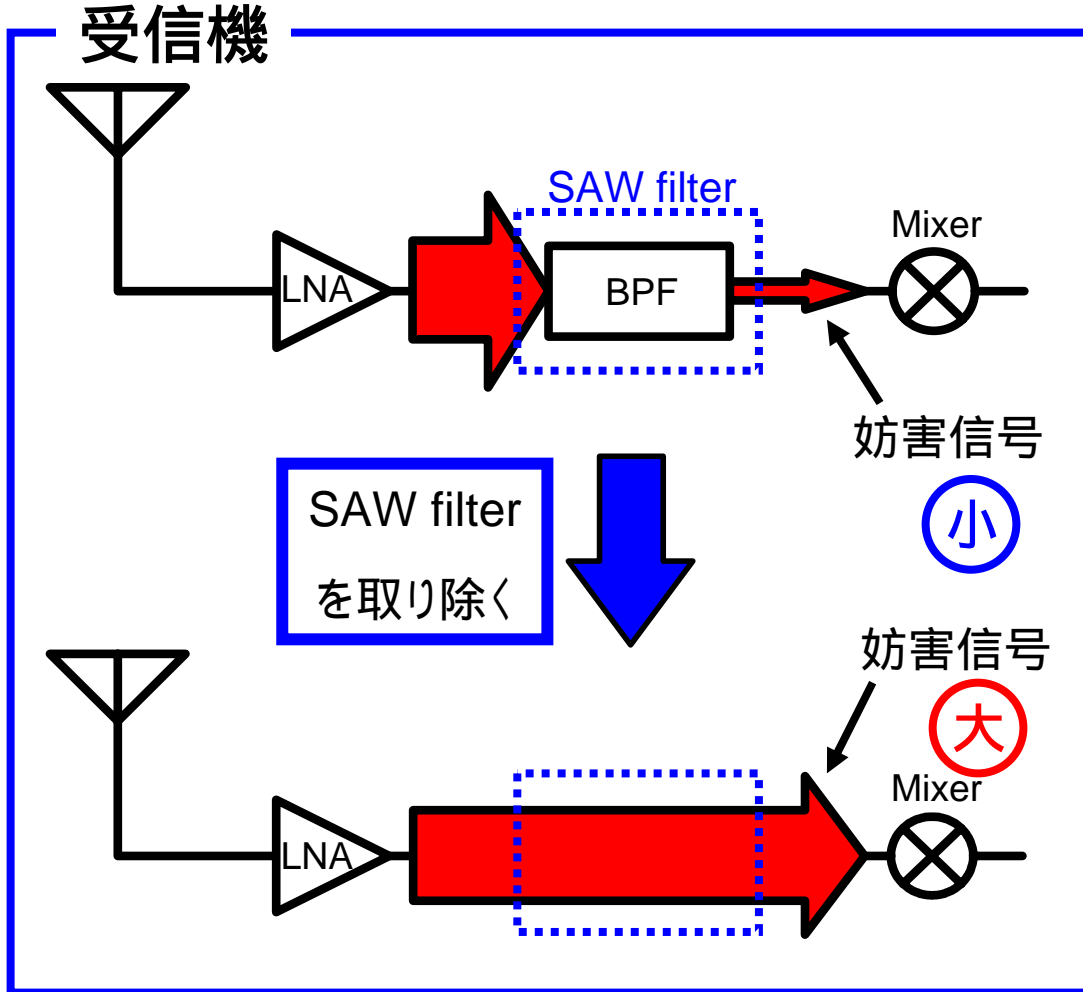
WCDMA受信機における段間ノッチ フィルタの低雑音化に関する検討

古谷 聡* , 金丸 正樹** , 岡田 健一** , 松澤 昭**

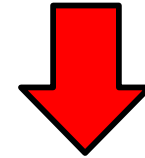
*東京工業大学工学部電気電子工学科

**東京工業大学大学院理工学研究科

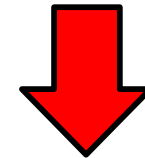
- 背景
- ノイズ解析
- ノイズのシュミレーション
- まとめ



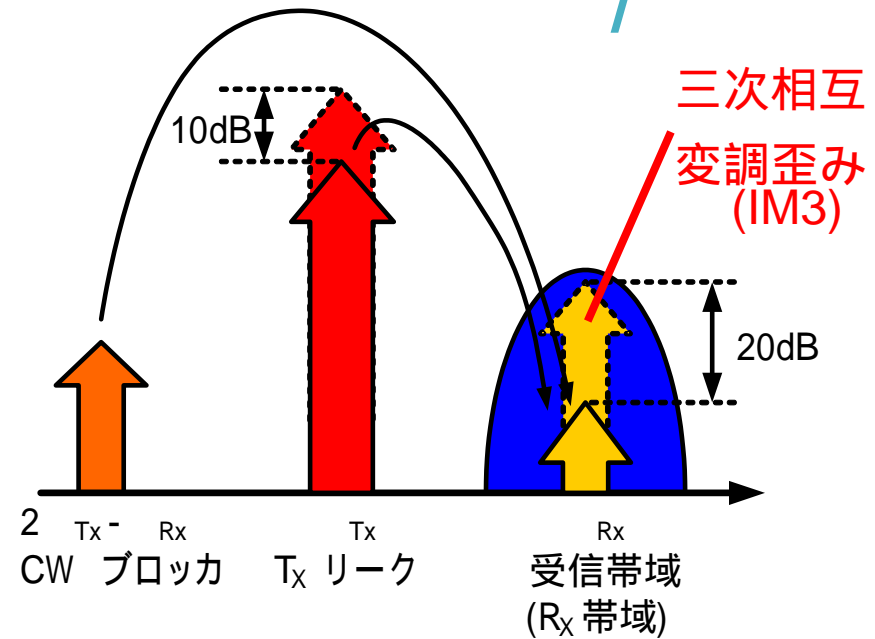
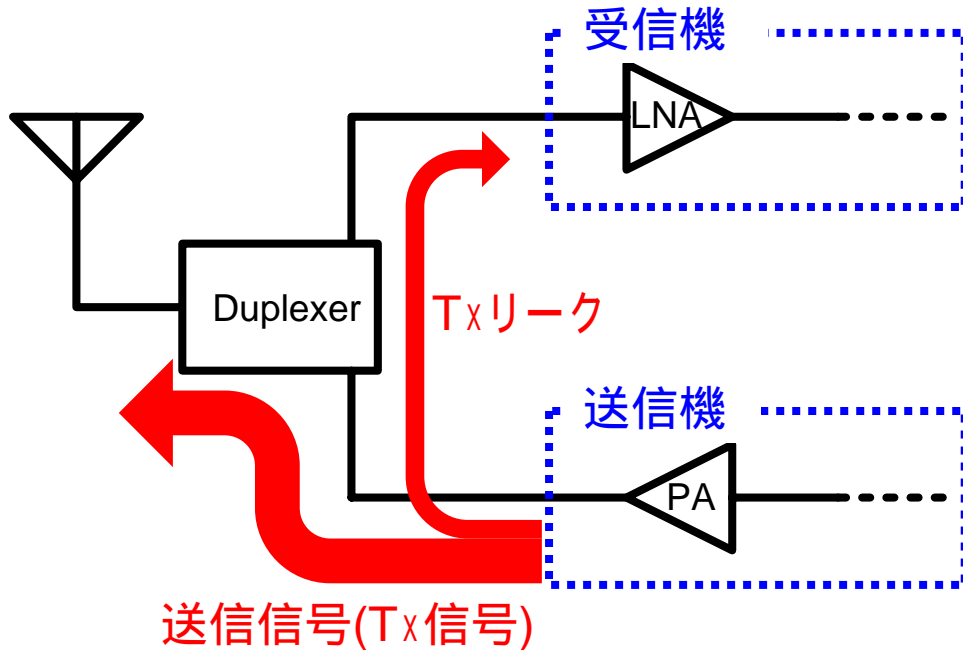
LNA-Mixer間の
SAWフィルタの除去



受信帯域外妨害信号
の影響が増大



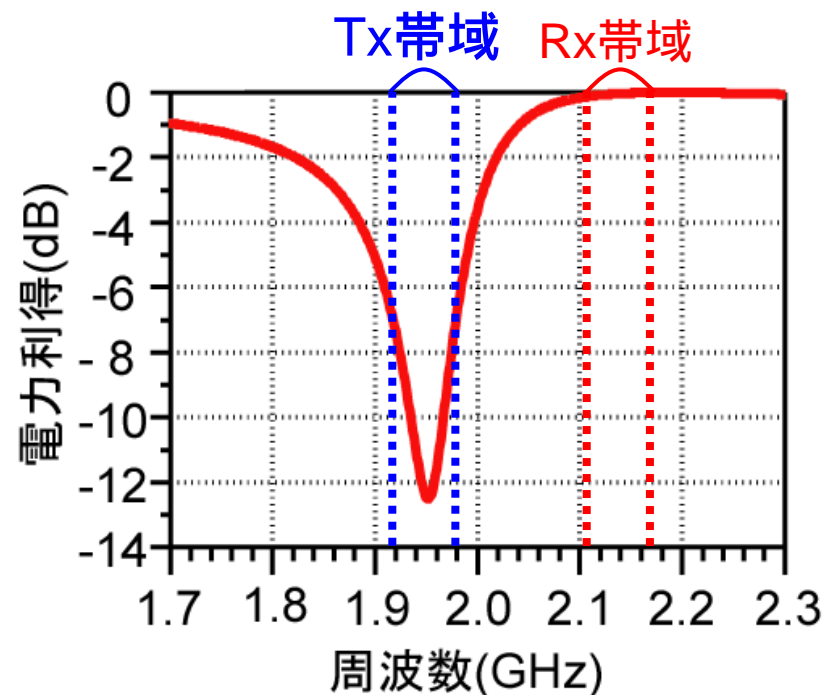
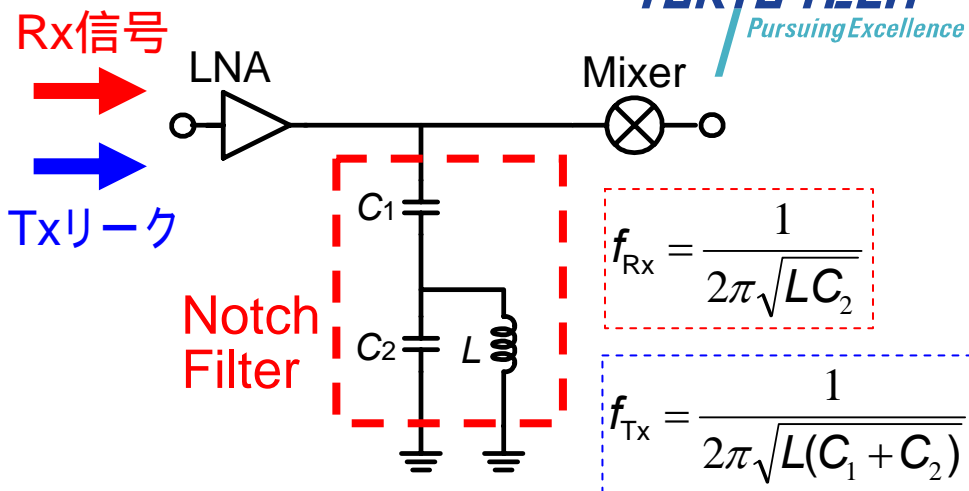
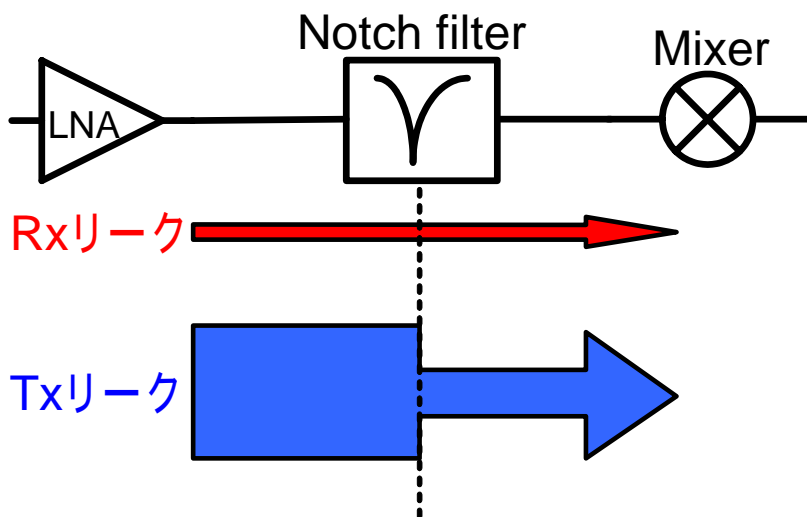
LNA、Mixerに
高い性能が必要



- Txリークが受信機側に入り込む
- Txリークにより受信帯域(Rx帯域)に三次の相互変調歪み(IM3)が生じる
- 相互変調歪みはTxリークの2乗に比例

外付けのSAWフィルタを取り除くことで、Txリークの影響が強くなり、Rx帯域に生じるIM3が大きくなる。

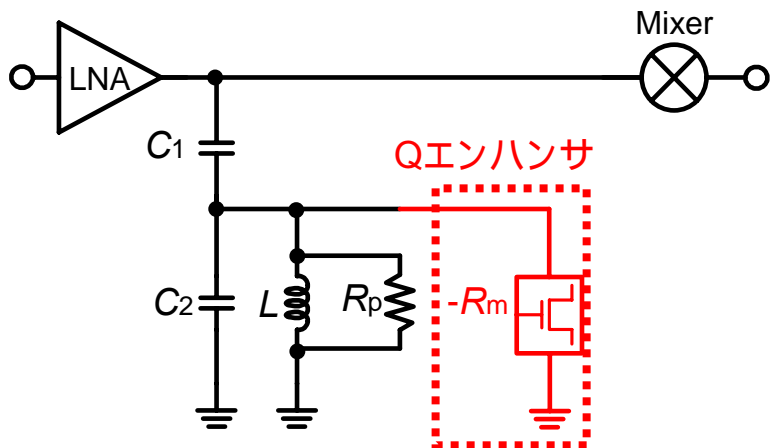
提案されている解決策



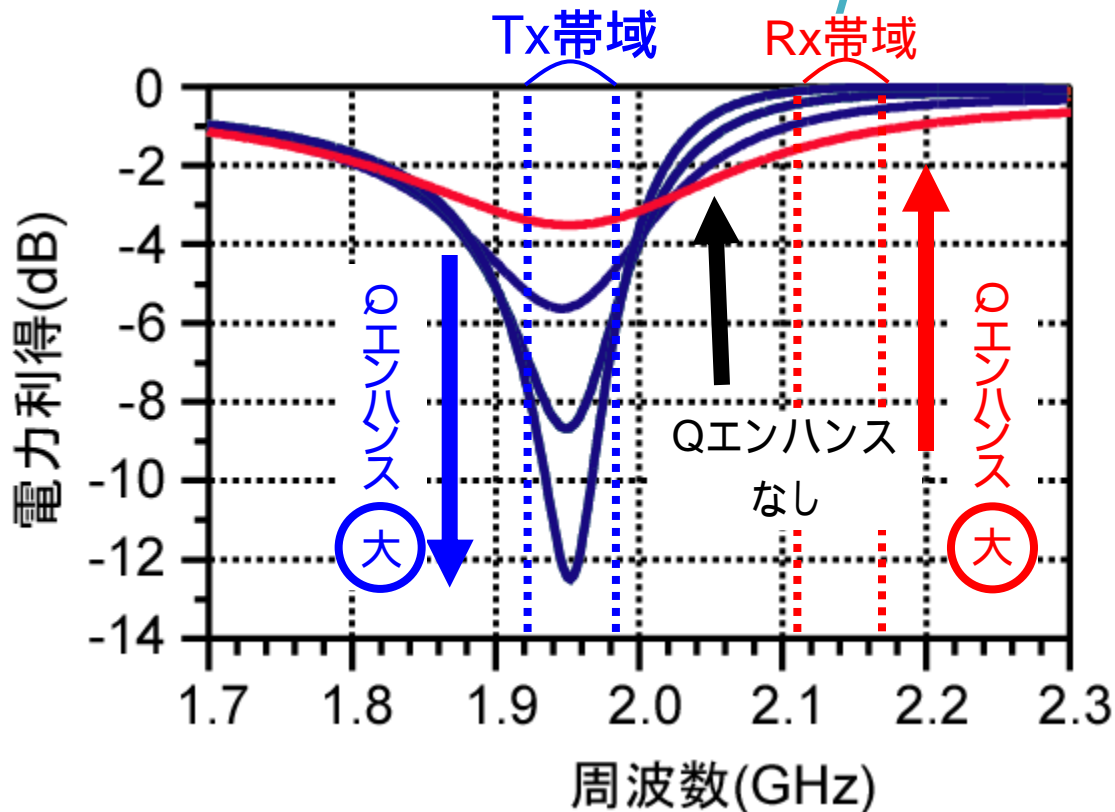
LNAとミキサーの間にオンチップ
ノッチフィルタを挿入することで
Txリークを除去する方法が提案
されている[1]。

[1] B. Tenbroek, et al., ISSCC Dig. Tech. Papers, 2008.

送信帯域抑圧量および受信帯域ロスの改善



QインハンサでLの寄生抵抗を打ち消す



Qインハンサにより
送信帯域の抑圧量と
受信帯域のロスは
改善できる

インダクタの寄生抵抗と
Qインハンサがノイズを発生する。
ノイズの検討を行う必要がある。

フィルタのノイズ解析

受信帯域で発生するノイズ

$$\overline{I_{nN}^2} = \frac{\left(\frac{\omega_{Rx}^2}{\omega_{Tx}^2} - 1\right)^2}{\left(\frac{\omega_{Rx}^2}{\omega_{Tx}^2} - 1\right)^2 + \left(\frac{G_p - G_m}{G_p} \frac{1}{Q_L}\right)^2} (\overline{I_{np}^2} + \overline{I_{nm}^2})$$



$$\left(\begin{array}{l} \overline{I_{np}^2} = 4kTG_p \\ \overline{I_{nm}^2} = 4kT G_m \end{array} \right)$$

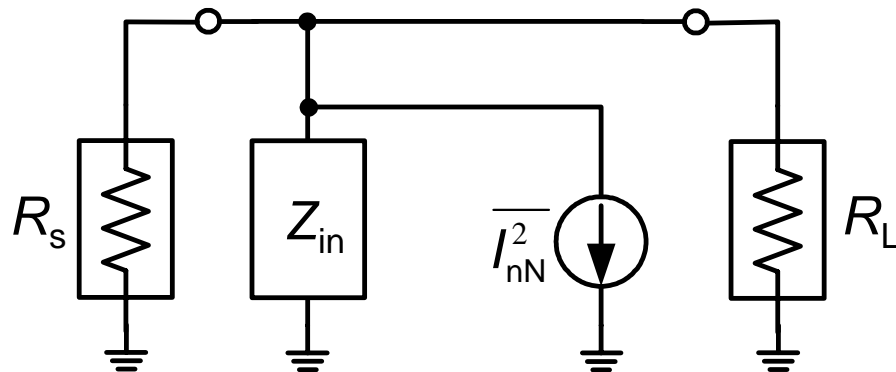
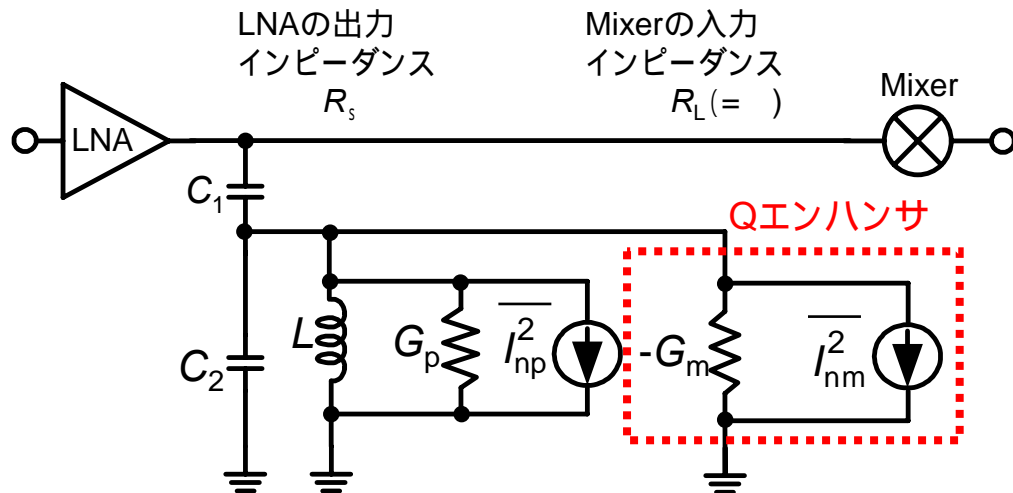
$$\overline{I_{nN}^2} \rightarrow 4kT(1 +)G_p$$



$$\left(F = 1 + \frac{R_s}{4kT} \overline{I_{nN}^2} \right)$$

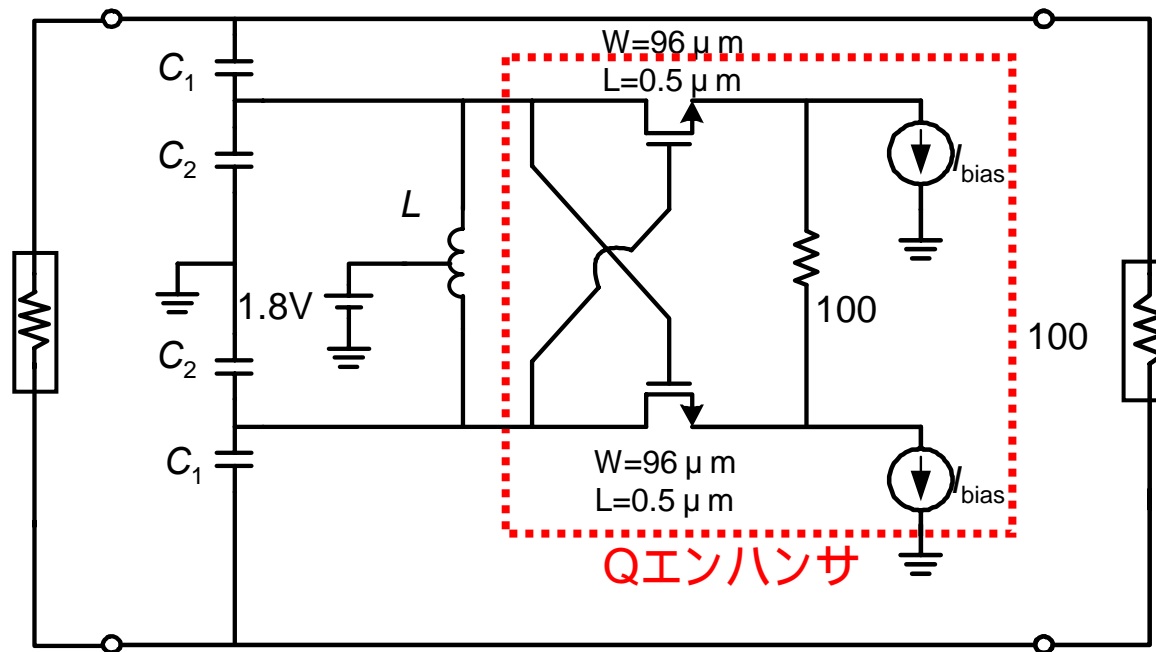
$$F = 1 + R_s(1 +)G_p$$

- Qエンハンスを行うことにより、ノイズの影響は強くなる。
- ノイズを小さくするには、 G_p を小さくする。
 L と Q 値の積が大きい($G_p = 1/LQ_L$)



Simulationの条件

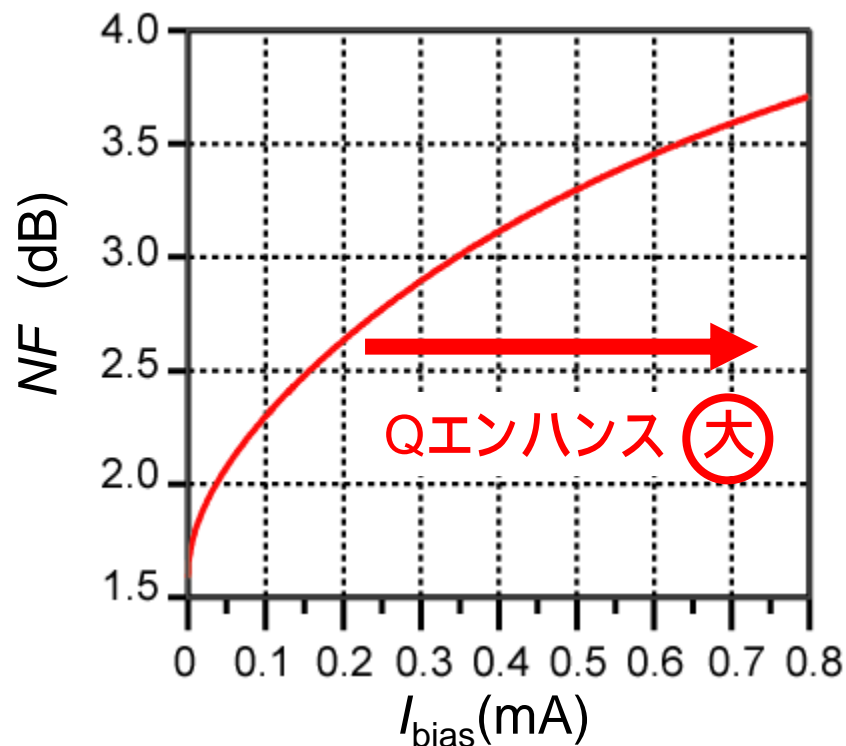
CMOS0.18 μm プロセス



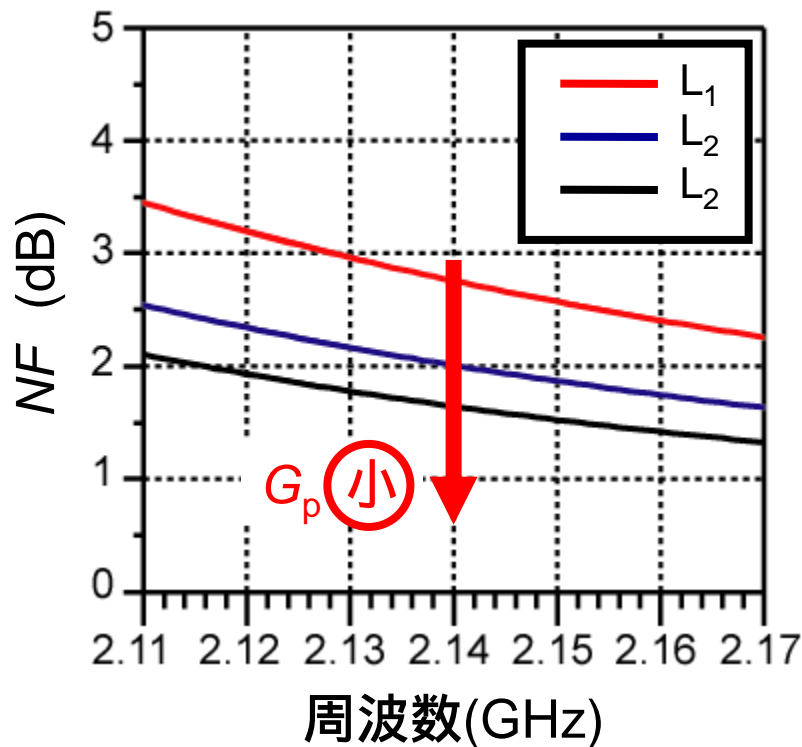
Simulation()
 L_1 のインダクタを使用。
 Qエンハンスによる NF の増加を確認。(2.1GHz)

	インダクタのパラメータ(2.1GHz)						キャパシタとバイアス電流		
	線幅 (μm)	半径 (μm)	巻き数	$L(\text{nH})$	Q値	$G_p(\text{mS})$	$C_1(\text{pF})$	$C_2(\text{pF})$	$I_{\text{bias}}(\text{mA})$
L_1	15	60	3	1.88	4.86	8.29	1.10	4.35	0.83
L_2	15	60	3	2.42	5.05	6.20	0.80	2.55	0.35
L_3	15	60	3	2.96	5.14	4.98	0.60	1.55	0.22

Simulation()
 L_1 、 L_2 、 L_3 のインダクタを使用。
 T_x 帯域の抑圧量を合わせる。
 G_p による NF の変化を確認。



() QエンハンスによるNFの増加(2.1GHz)



() G_p によるNFの変化

- 送信信帯域の抑圧量が十分に得られる範囲で、Qエンハンスを調節してノイズを低減できることを明らかにした。
- インダクタのQ値とLの積が大きくなるインダクタを選択することでノイズを低減できることを明らかにした。

- ◆ SAWフィルタの除去が望まれる
 - T_x リークから発生するIM3により R_x 帯域のSNRが劣化
 - ノッチフィルタにより T_x リークを除去が必要
- ノッチフィルタから発生するノイズにより雑音特性が劣化
- ノッチフィルタから発生するノイズの解析を行う
 - 送信帯域の抑圧量が十分に得られる範囲で、Qエンハンスを調節してノイズを低減できる
 - Q値とLの積が大きくなるインダクタを選択することでノイズを低減できる
- フィルタの非線形性、安定性について検討が必要