

# マルチバンドRFフロントエンドに向けた低雑音増幅器の研究

東京工業大学 統合研究院 益研究室

福田 聡, 伊藤 浩之, 岡田 健一, 益 一哉

## 背景

### 無線集積回路

Si CMOSの微細化  $f_T, f_{max}$  の高周波化

➡ On-chip RF 送受信機の実現

システムの多機能化 複数の通信方式、通信周波数に対応

➡ Multi-function 送受信機の要求向上

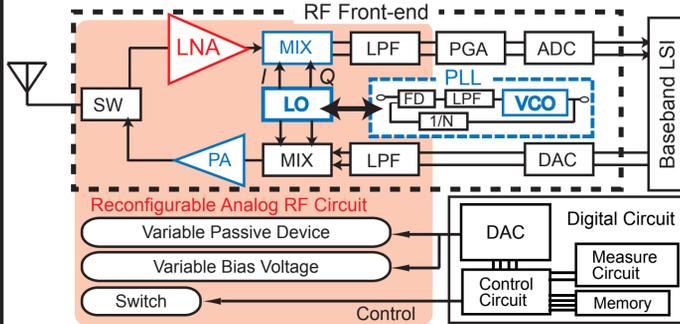
## 無線通信周波数帯域

- Mobile phone 800MHz, 1.5GHz, 1.9GHz, 2GHz (+ 700MHz, 900MHz, 1.7GHz for the new system) (+ 800MHz, 900MHz, 1.8GHz, 1.9GHz for GSM)
- WLAN 802.11b/g, Bluetooth 2.4GHz
- WLAN 802.11a/n 4.9GHz~5.875GHz
- GPS 1.2GHz/1.5GHz
- DTV 470 MHz~770 MHz
- WiMax 802.16e 2.5GHz/3.5GHz/5.8GHz

無線回路のマルチスタンダード化が必須  
→ 400MHz~6GHzを網羅する無線通信回路

## 目的

RFアナログ回路の  
可変部をデジタル回路で操作



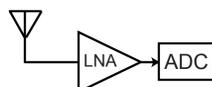
様々な無線通信規格、周波数に対応できるRFフロントエンドを  
Si CMOSプロセスで実現

低雑音増幅器(LNA)  
・重要な回路要素の一つ  
(受信機の雑音指数に支配的)

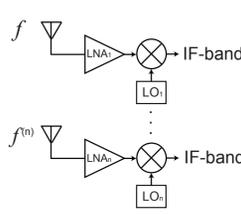
広帯域な低雑音増幅器は必須

## 受信部回路アーキテクチャ

### 従来

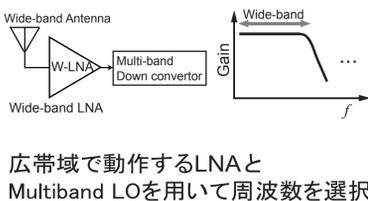


RF信号を直接デジタル変換  
⇒ 高速かつ広帯域のADCが必要



機能毎に回路を搭載  
⇒ チップ面積の増大

### 提案



### 要求性能

電圧利得	> 20 dB
雑音指数	< 2.5 dB
IIP3	+5 dBm
消費電力	10 mW
入力整合	< -10 dB

## 広帯域LNA

### WLCSP技術を用いた広帯域LNA

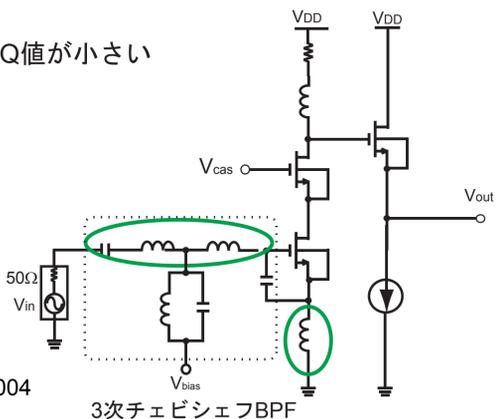
オンチップインダクタ: Q値が低くRF回路性能劣化  
→ WLCSP技術を利用した高Qインダクタで  
RF回路性能を改善した広帯域LNAを提案

### 従来の広帯域LNA

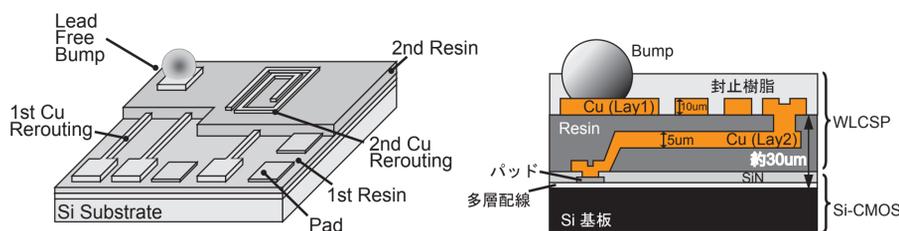
RF回路の性能劣化  
原因: オンチップインダクタのQ値が小さい  
1. アルミ配線による直流抵抗  
2. 基板損失

ゲートから入力を見こんだ抵抗分  
→ 熱雑音が増加し  
雑音指数が悪化

[1] Andrea Bevilacqua ISSCC, p. 2259, 2004



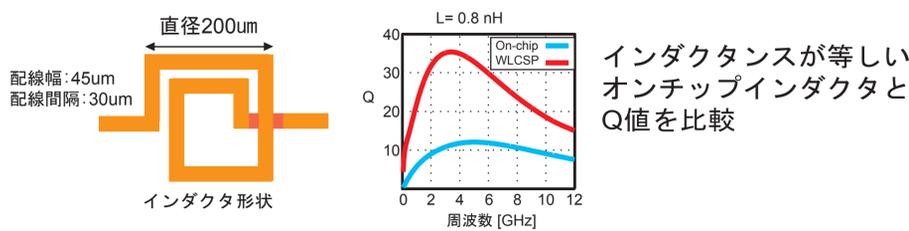
### WLCSP技術



WLCSP (Wafer Level Chip Scaled Package)  
・パッケージング技術の一種  
・ウエハ状態のままパッケージング(低コスト)  
・配線にはCuを利用 → 直流抵抗が低減  
・Si基板からの距離が約30umと遠い → インダクタの基板損失を防げる

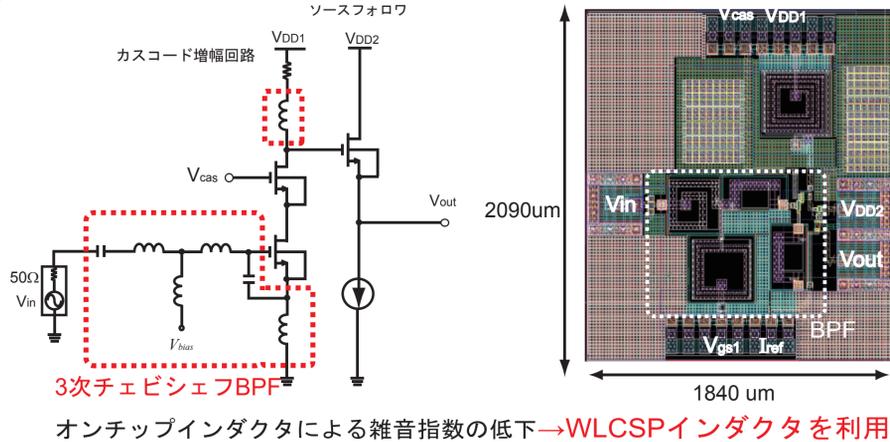
インダクタを作成するのに最適

### インダクタQ値比較



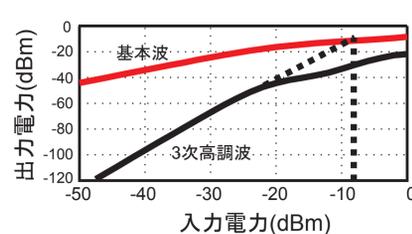
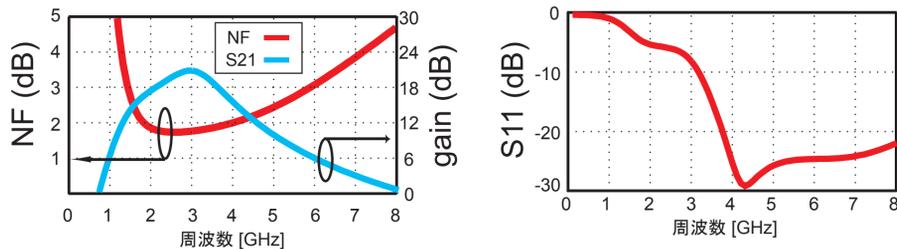
## シミュレーション結果

### 回路図およびレイアウト



### シミュレーション結果

条件: 周波数範囲 2GHz-6GHz



	要求性能	Sim結果
電圧利得	>20 dB	5~21 dB
雑音指数	< 2.5 dB	1.9~3.1 dB
IIP3	+5.0 dBm	-8.9 dBm
消費電力	10 mW	10.8 mW
入力整合	< -10 dB	-5~-29 dB

## まとめ

- WLCSP技術を用いたインダクタを利用し広帯域LNAを設計
- シミュレーションにより、広帯域動作を確認
- 電圧利得、IIP3、入力整合を改善の必要