



HOKKAIDO
UNIVERSITY

センサーチップの基盤となる マイクロワット級集積回路の研究開発

Oct. 1, 2013

佐野栄一⁺ 池辺将之⁺⁺ 雨宮好仁⁺⁺

⁺研究代表者、量子集積エレクトロニクス研究センター

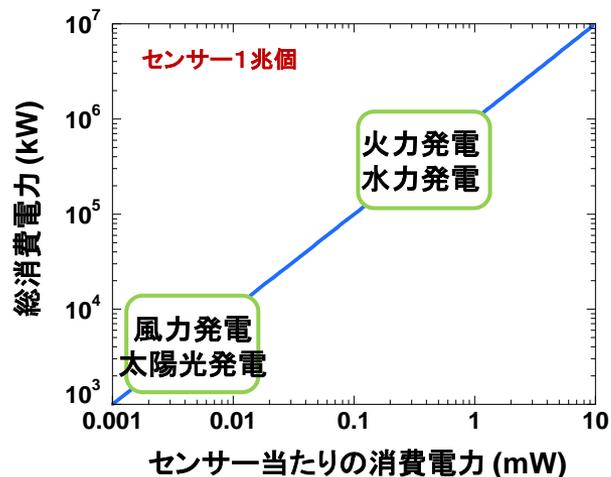
⁺⁺研究分担者、大学院情報科学研究科

研究開発の背景と目的

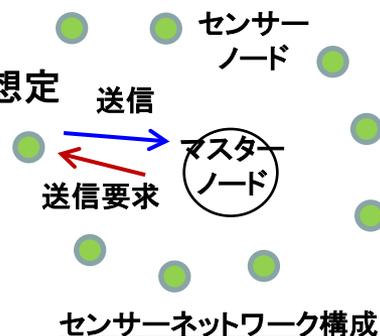
- ✓ センサーネットワークの普及のためには
- ✓ メンテナンスフリー
- ✓ エナジーハーベストあるいは
小型電池で10年間以上動作
- ✓ センサー敷設による電力増



10 μ W以下のアナログ・デジタル要素回路の開発

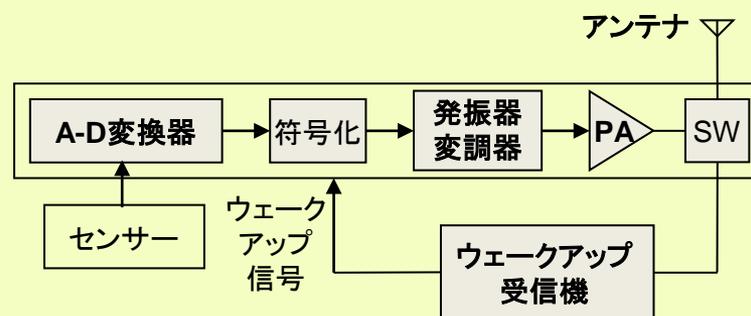


- ✓ 常時送信は困難
- ✓ 1/1000の稼働率を想定

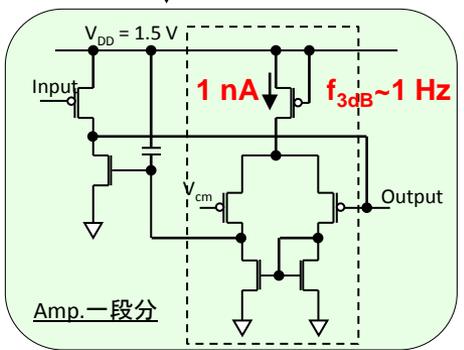
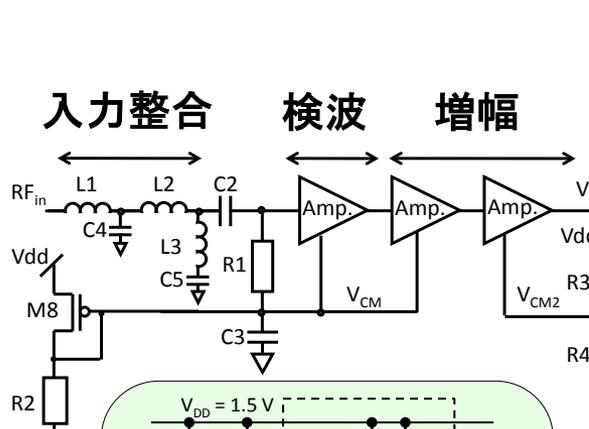


目標性能

マスター	送信電力: 10 dBm 受信感度: -70 dBm	電力制限なし
伝搬損失	60 dB @ 2.4 GHz	
センサー	送受信アンテナ 利得: -2.5 dBi, サイズ: 10 mm	
	受信機 感度: -55 dBm, 消費電力: 7 μ W	
	送信機 出力: -5 dBm, 消費電力: 3 mW (平均3 μ W)	
	A-D変換機 12 bit, 100 kS/s, 10 μ W	

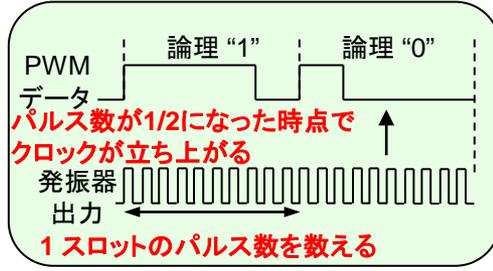
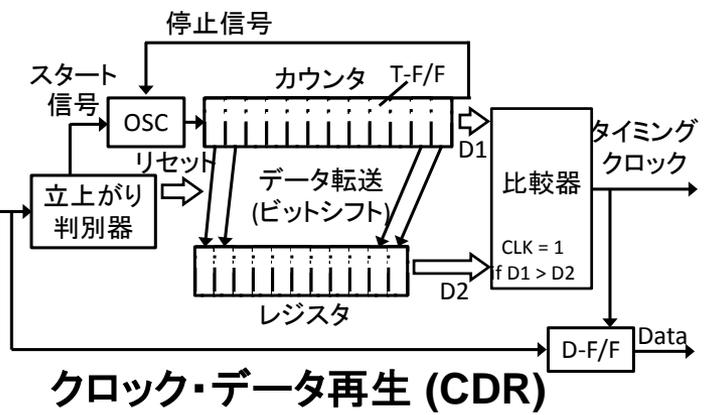


ウェークアップ受信器



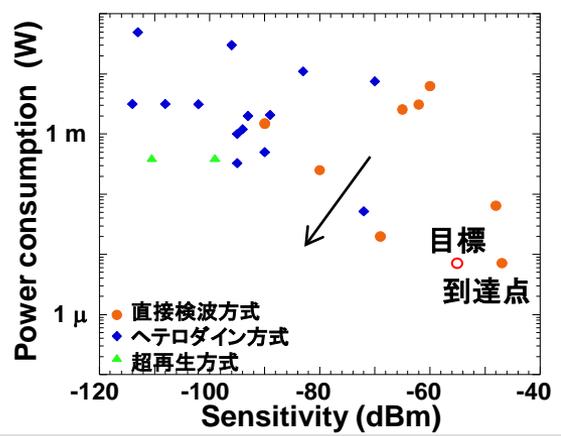
- ✓サブV_{th}の非線形性を用いた直接検波回路
- ✓オフセットなし高利得アンプ

直流利得=0
 ⇒ V_{th}バラツキによる出力オフセットの問題を解決、高利得化可能

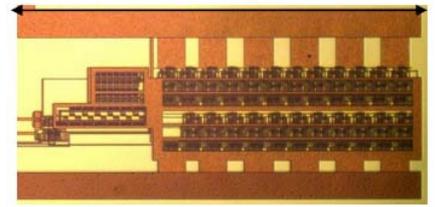


- ✓ビットレートフリー
- ✓全デジタル構成
- ✓信号未入力時シャットダウン機能

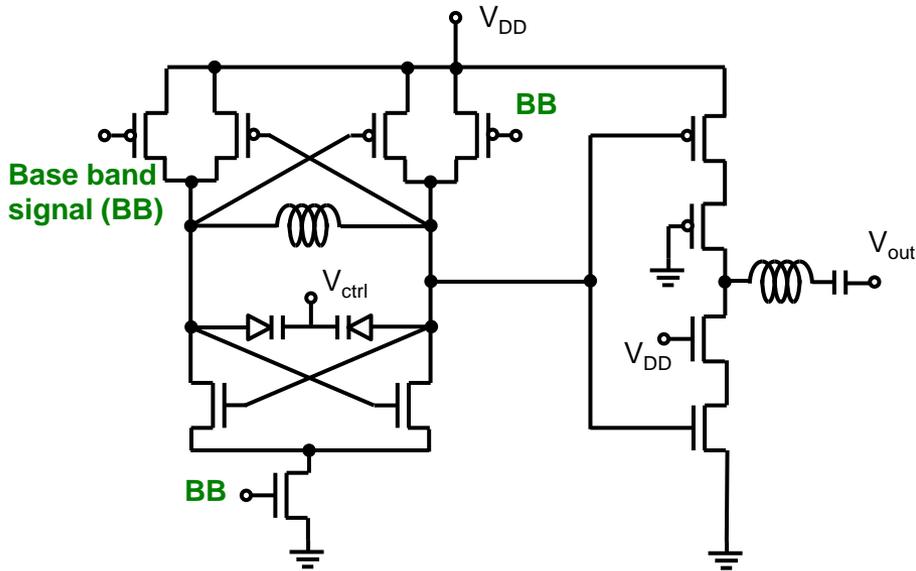
検波・増幅器
 消費電力: 6.8 μW
 感度: -47.2 dBm



420 μm

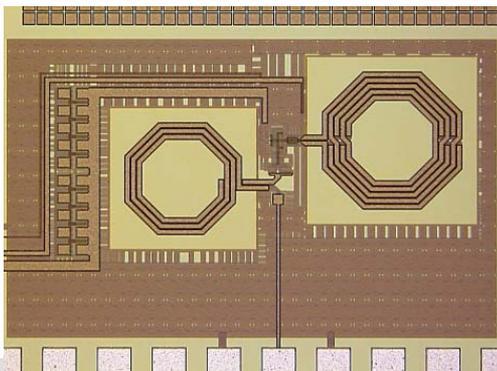


送信機

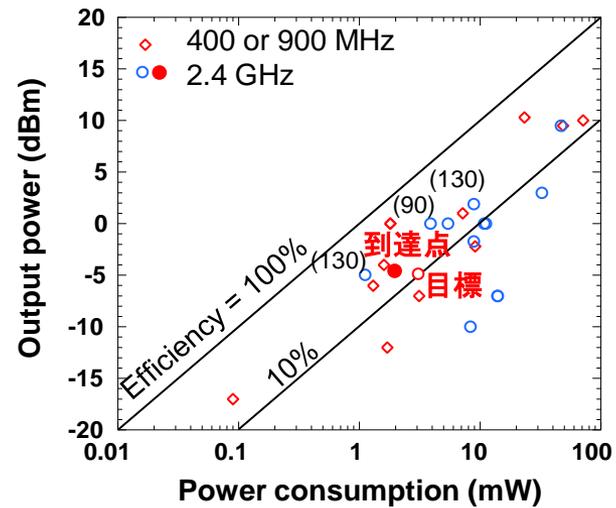


VCO/OOK変調器
縦積み構成

D級パワーアンプ

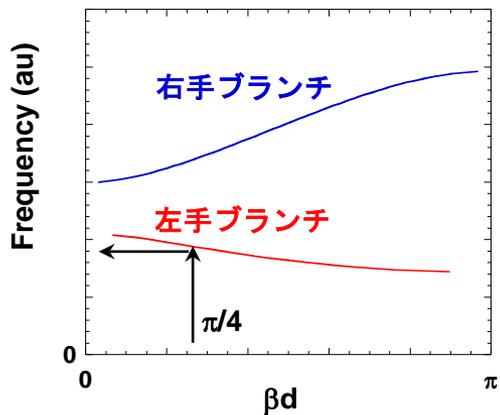
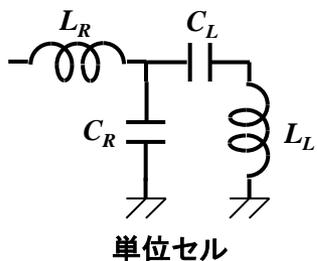
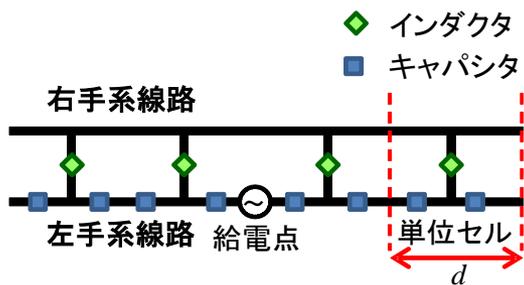


送信機・アンテナ
モジュール

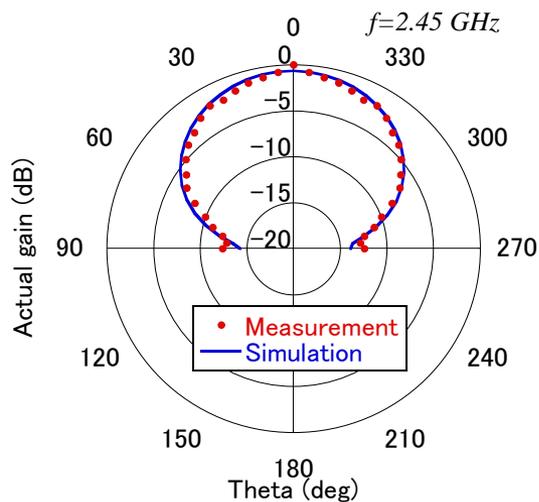
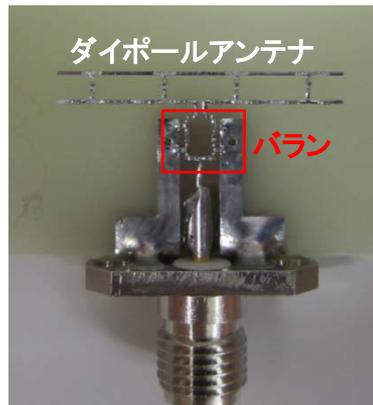


小型アンテナ

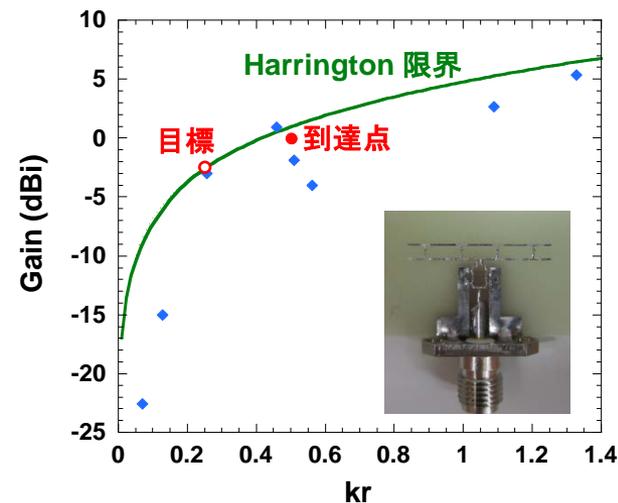
構成と動作原理



プリント基板とチップ部品で 作製したアンテナ

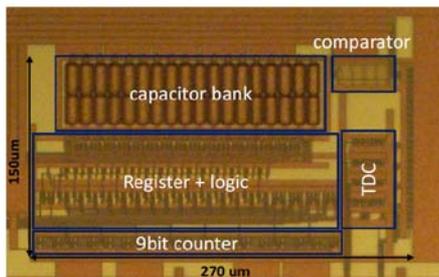
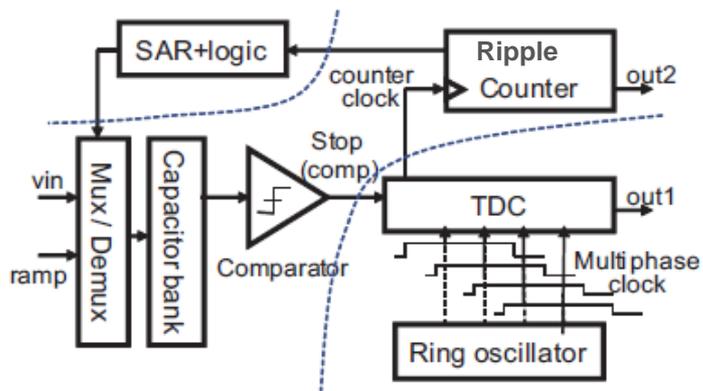


メタマテリアル設計技術により 小型化理論限界に迫る ダイポールアンテナを実現



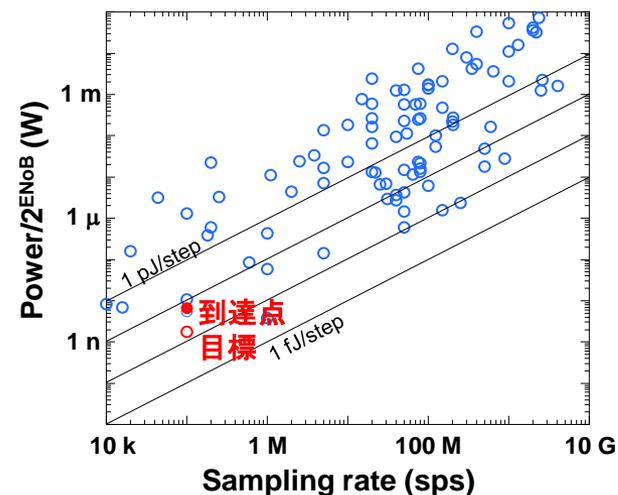
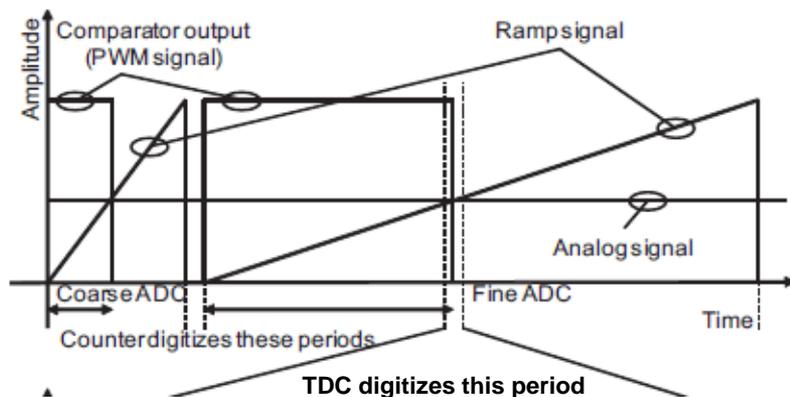
アナログ・デジタル変換器

2段階スロープA-D変換と時間量子化器(TDC)を
組み合わせて小型化、低電力化



試作A-D変換器の諸元

Process	0.18 μ m CMOS 1P6M
Area	270 μ m \times 150 μ m
Voltage supply	1V
Input range	0.7V (single-ended)
Resolution	11 Bits
Sampling rate	100kS/s
Total power	5.1 μ W
DNL	+0.48/-0.37
INL	+1.32/-0.80
SNDR	59.6dB (f_{in} = 12.5kHz)
SFDR	72.7dB (f_{in} = 12.5kHz)
Capacitance ratio	2(240fF):1(120fF)



今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

- 小型電池駆動、稼働率1/1000以下の間欠動作センサーへの適用
- PWM符号のWi-Fiシステムとの非干渉性・共存可能性を明確化し、
センサーネットワーク構築へ貢献
- CMOS遮断周波数の10倍の搬送波直接検波の可能性実証と
CMOSによるテラヘルツ領域開拓の可能性の明確化

