

インバータを用いた送受信器に関する研究

山岸 世明, 松永 賢一, ドン ター ゴク ヒュイ
宮原 正也, 松澤 昭
東京工業大学大学院理工学研究科
電子物理工学専攻

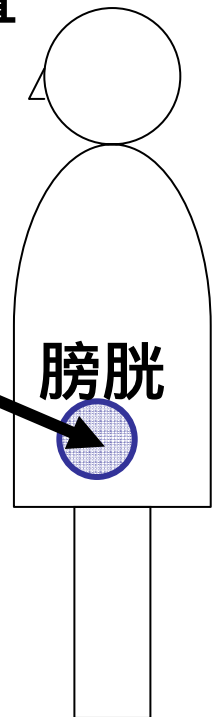
- 背景・目的
- 送受信器
 - 要求性能
 - 回路構成
 - 設計法
- シミュレーション結果・レイアウト
- 結論

尿失禁治療のため膀胱内に留置可能な小型な無線測定システムが望まれている

尿道カテーテル



カプセル型無線観測装置



- × 有線測定(行動の制約)
- × 患者の負担大

- 無線測定
- 患者の負担小

低消費電力な送受信器の提案・評価を行う

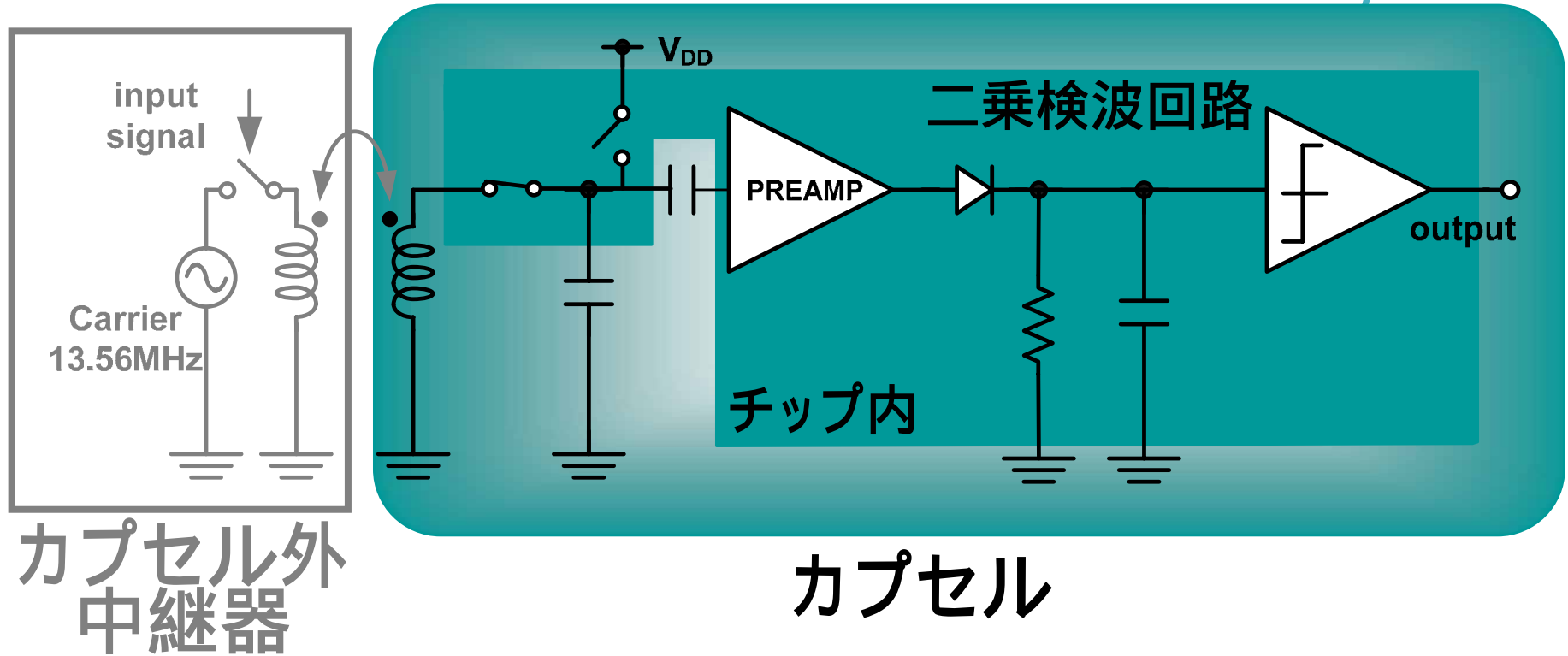
目標性能		理由など
変調方式	ASK100% (OOSK)	回路が簡単で低消費電力化が容易
通信速度	2.5kbps	通信システムから算出
消費電流	5 μ A	測定時間・電池容量から算出
周波数	13.56MHz	人体の透過率が比較的大きい
通信距離	15cm程度	体表から膀胱までの距離を想定
入力電圧	15mV _{pp} 程度	実験値

小型の無線システムでは電池容量が限られるので
消費電力が最も厳しい

送受信器の回路構成

5

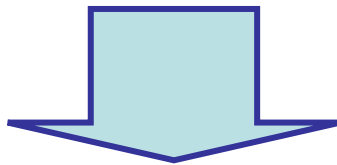
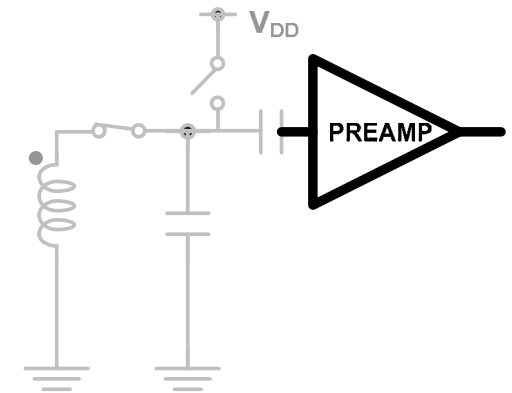
TOKYO TECH
Pursuing Excellence



回路は二乗検波回路・アンプ・スイッチから成る。
今回は主にプリアンプとスイッチについて検討した。

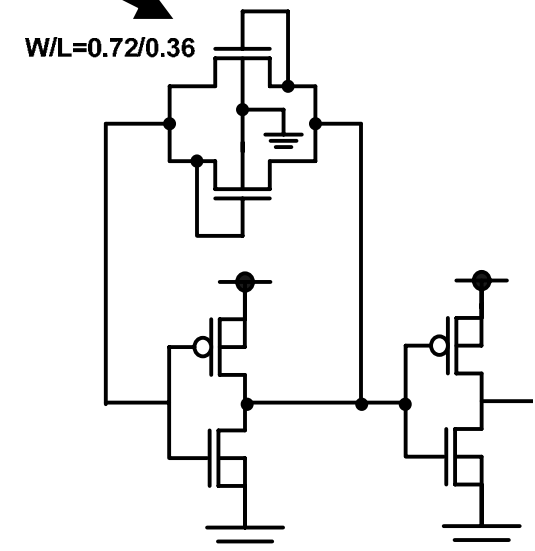
アンプに要求される性能は

消費電流	$\sim 3\mu\text{A}$
ゲイン	40dB (input 15mV_{pp} \rightarrow output 1.5V_{pp})



低消費電力化のためアンプには、
バイアス電流源の不要な
セルフバイアスインバータを用いる

MOSダイオードによる
高抵抗フィードバック



アンプのサイズ設計

7

目標とする消費電流から、電流・ g_m が決まる

$$I_{ds} = 3\mu\text{A}$$

$$g_m = \frac{2I_{ds}}{V_{eff}} = \frac{2 \times 3\mu\text{A}}{0.3\text{V}} = 20\mu\text{S}$$

インバータの貫通電流 $I_{penetrate}(=I_{ds})$ の最大値は以下の式で与えられる

$$I_{penetrate} = \frac{1}{2} \beta_n \beta_p \left(\frac{V_{DD} - V_{thN} - |V_{thP}|}{\sqrt{\beta_n} - \sqrt{\beta_p}} \right)^2 \propto \frac{W}{L}$$

$$\left(\beta_n = \mu C_{ox} \frac{W}{L}, \beta_p = \mu C_{ox} \frac{4W}{L} \right)$$

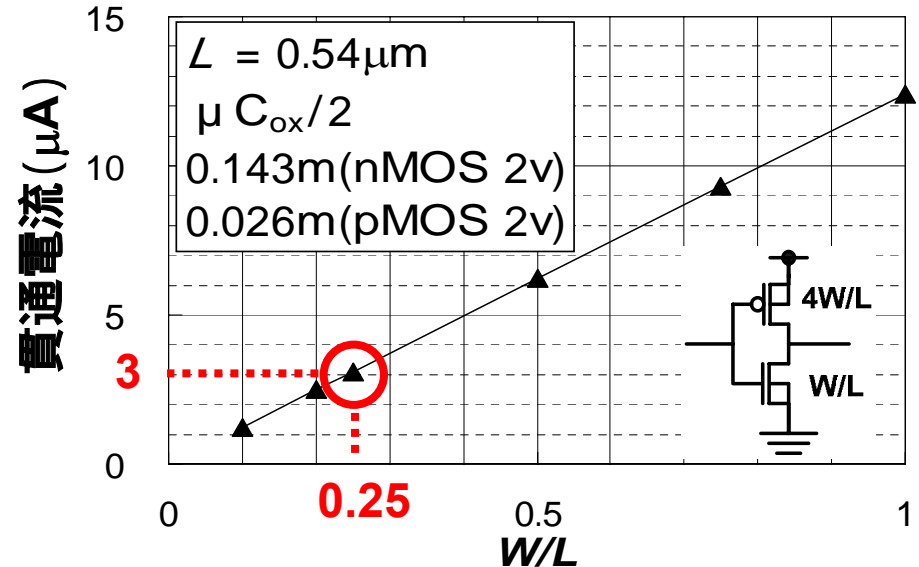
$$\therefore W/L = 1/4$$

インバーターアンプのゲインの最大値は

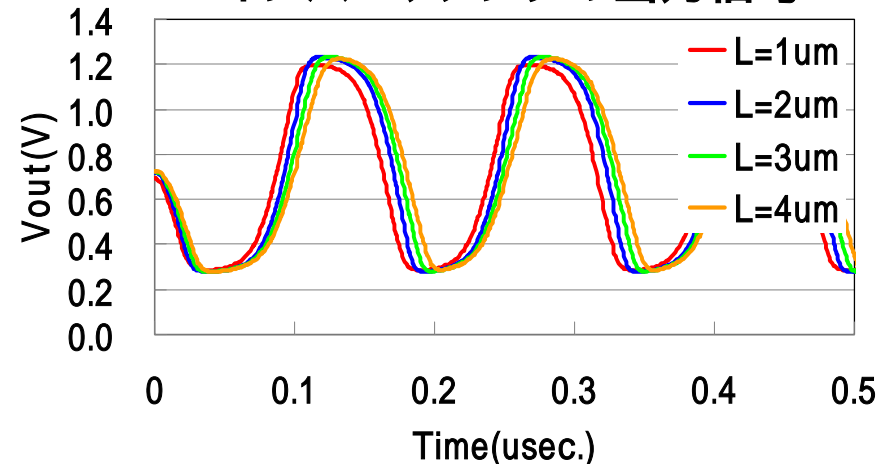
$$Gain = \frac{g_{mn} + g_{mp}}{g_{dsn} + g_{dsp}}$$

g_{ds} は L に依存するので、目標とするゲインから L が決まる。シミュレーションの結果、 $L=1\mu\text{m}$ で十分であることがわかった

W/L vs 貫通電流



インバーターアンプの出力信号



シミュレーション結果

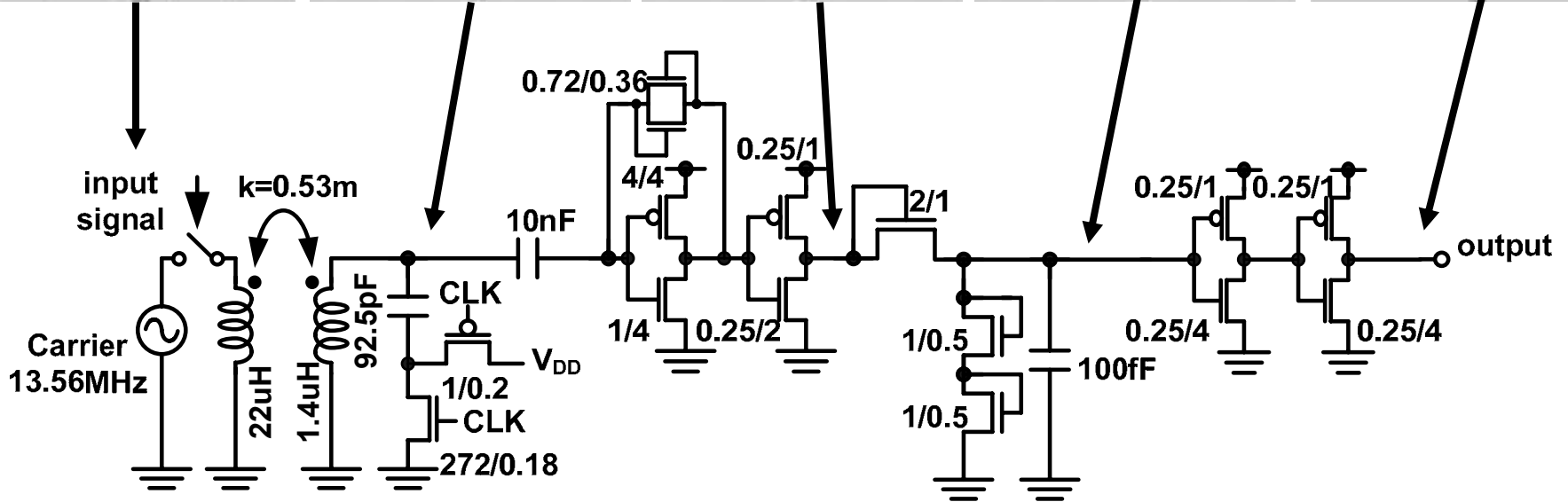
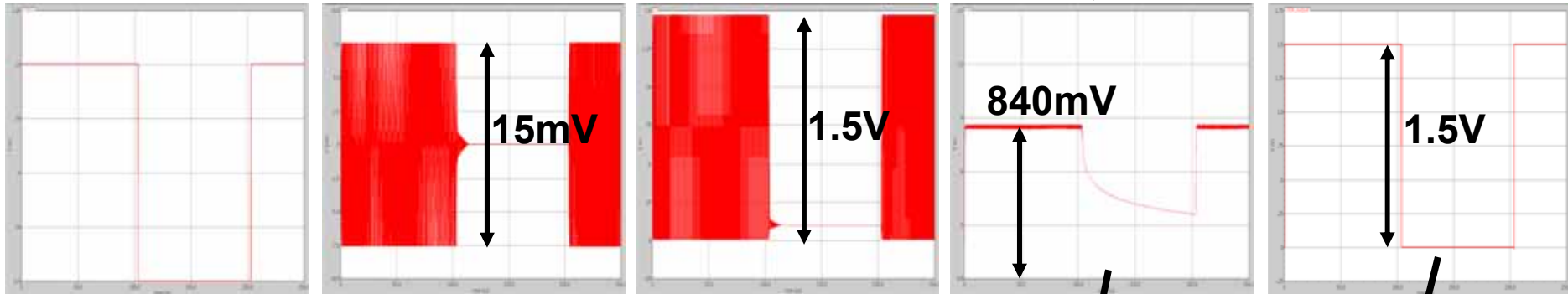
入力

受信信号

インバーター
アンプ出力

二乗検波回路
出力

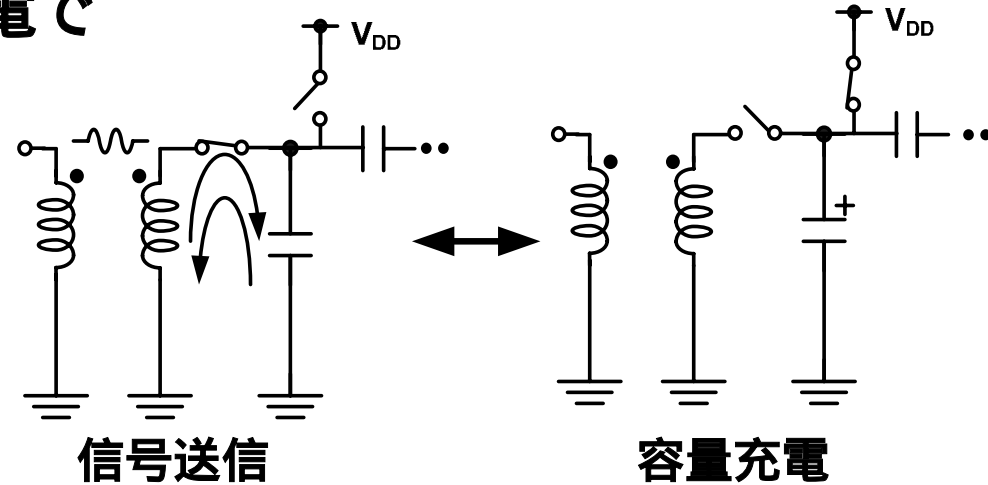
出力



15mV_{pp}の受信信号を復調できていることを確認した

< 信号送信方法 >

スイッチドキャパシタによる充放電で
LC共振を起こし、誘導結合した
受信コイルに信号を送信する



利点

回路が単純

低消費電力 (容量の充電のみ)

問題点

- × LとCの間のスイッチオン抵抗
- Q値が劣化
- 信号振幅の低下

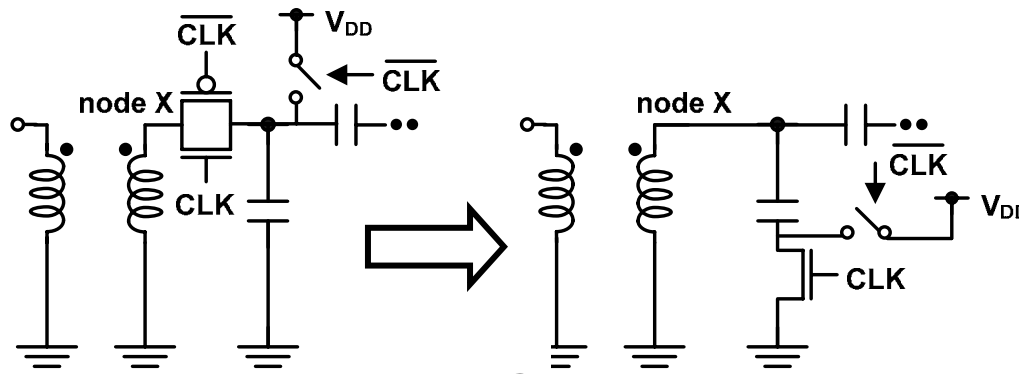
Q値を劣化させないために

オン抵抗の小さなスイッチの設計が重要

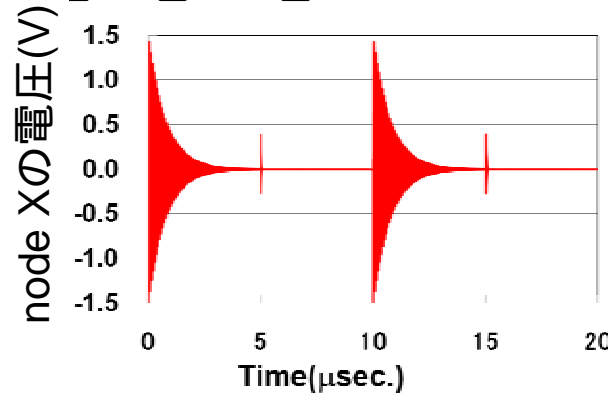
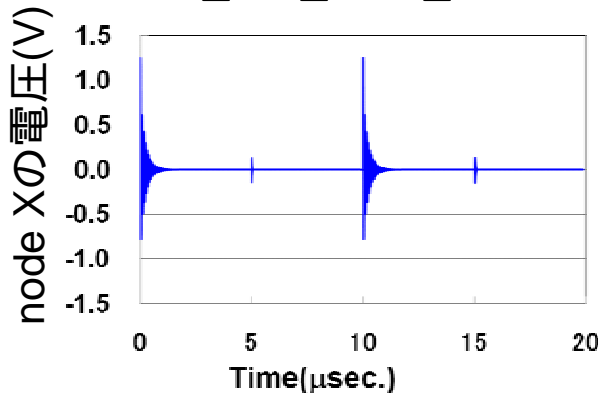
送信用スイッチの最適設計

- スイッチのオン抵抗を小さくするには・・・
- ✓ 大きなW/L(1500以上@nMOS スイッチ)
- ✓ 大きなオーバードライブ電圧

スイッチは容量とグラウンドに置くのが望ましい

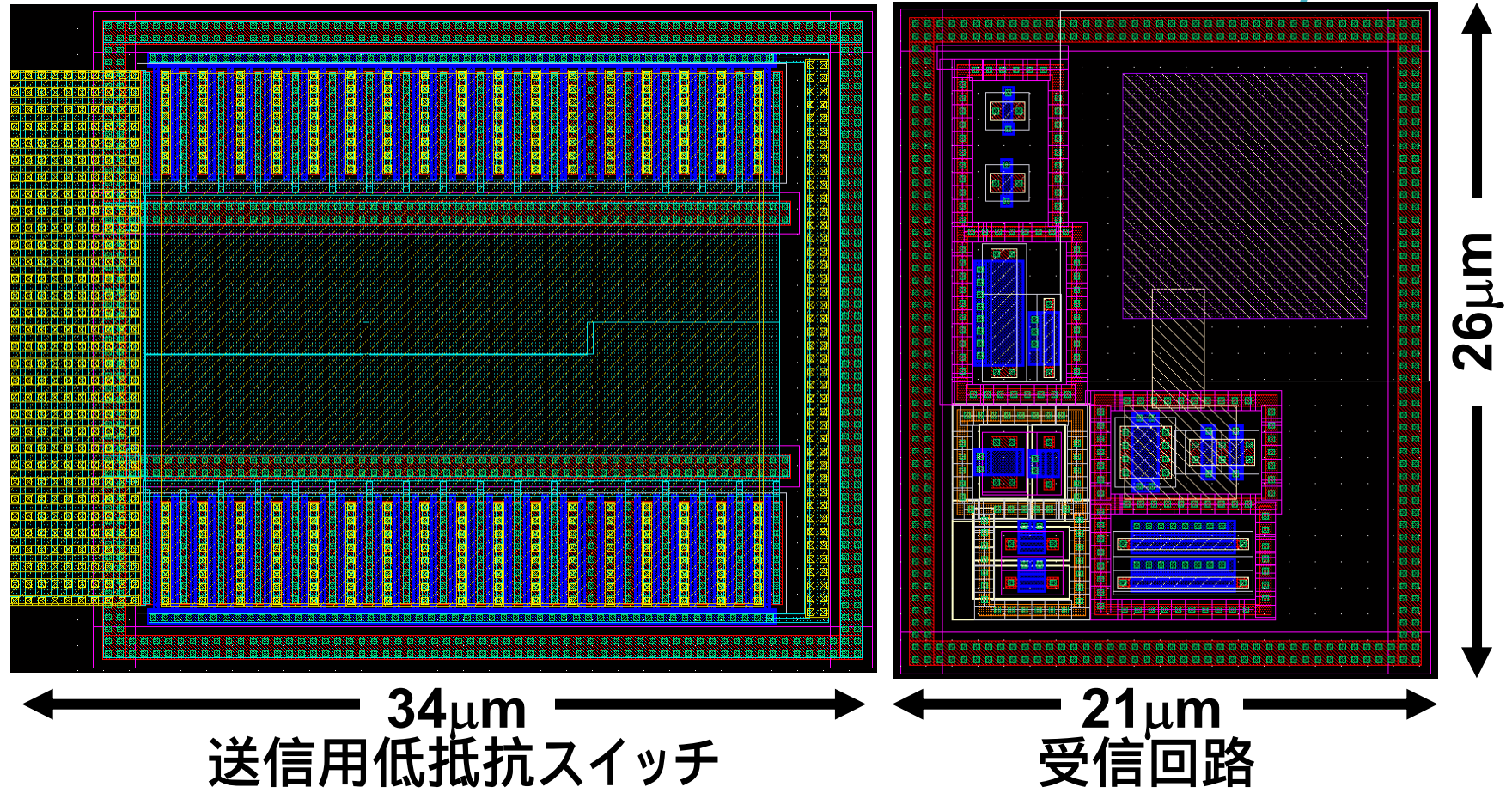


- ✓ 共振中 V_d が小さい
- pMOSスイッチが不要
- nMOSスイッチのW/Lを大きくできる



- ✓ 共振中 $V_{gs} = V_{DD}$ がスイッチに加わる

送受信回路のレイアウト



送受信回路の面積は0.0014mm²程度に
抑えられている

- 膀胱内圧測定システム用の低消費電力の送受信機的设计・シミュレーションを行った。
セルフバイアスインバーターアンプの設計、
送信用スイッチの最適化により
シミュレーション結果として
消費電力:**6.3 μ W (4.2 μ A)**
@5kbps, 受信時, $V_{dd}=1.5V$
を達成した。

本研究の一部は、文部科学省委託研
『地域科学技術振興施策』において
大阪大学今井研究室・奈良県立医科大学
並びに、東京大学大規模集積システム設計
教育研究センターを通し、
日本ケイデンス株式会社の協力で行われた
ものである。