

バッテリーレス in vivo 無線通信用 PIM 変調回路の設計

- Design of batteryless in vivo wireless PIM communication circuit -

東京工業大学 統合研究院 益研究室
Masu Laboratory, Integrated Reseach Institute, Tokyo Institute of Technology

小林 由佳, 石田 光一, 益 一哉
Yuka Kobayashi, Koichi Ishida, Kazuya Masu

背景 と 目的

Background & Purpose

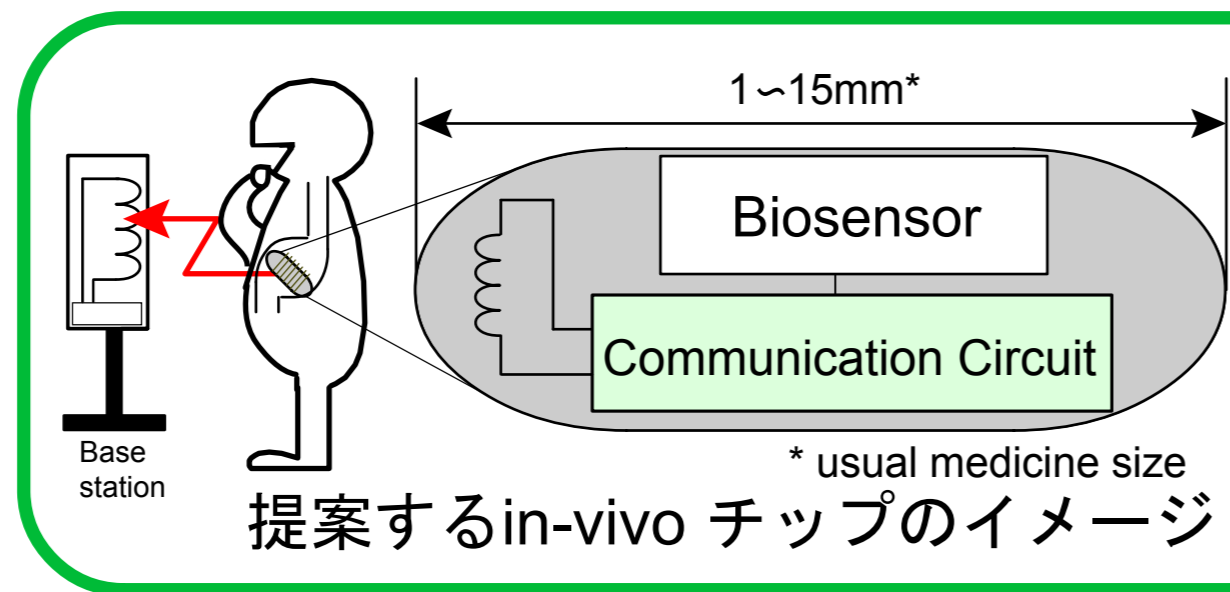
日常的な健康管理や診察において

- ・センサで体内の健康情報を測定
- ・その結果を無線で体外へ送信

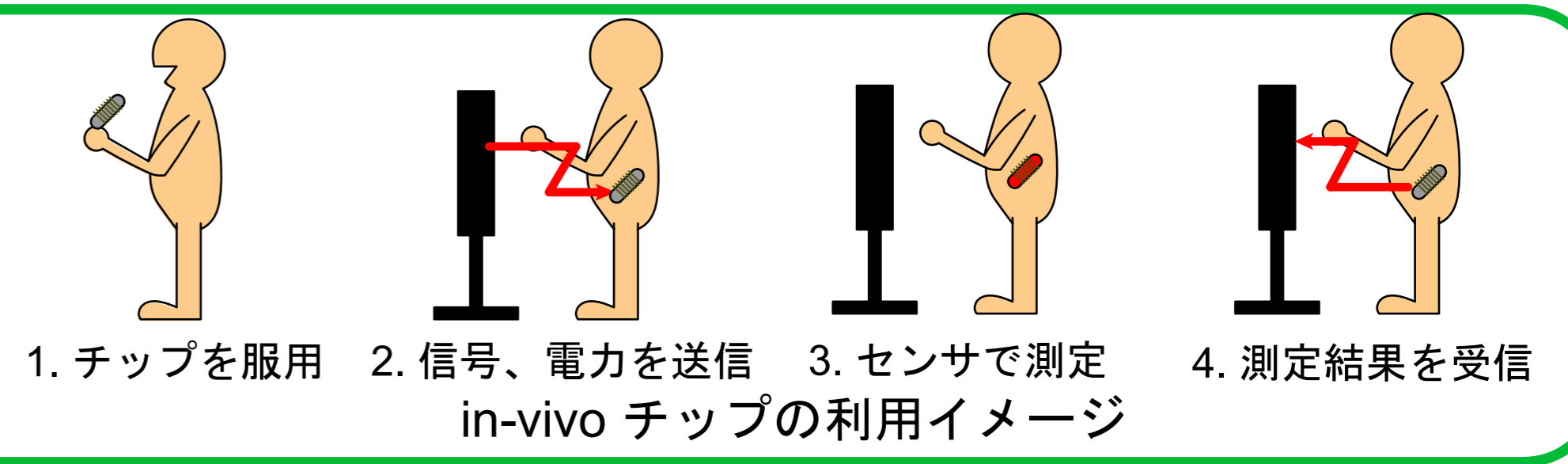
低侵襲で手軽に行える

- ・より低侵襲で扱いやすい大きさに

バッテリーレスなセンサモジュールの検討



薬のように服用して、苦痛なく消化器系の検査を行い、瞬時に検査結果を知ることが可能
↓
手軽さとコスト削減



目的 : in vivo無線通信システムの実現
Purpose : Realize of in-vivo wireless communication system

バイオセンサ

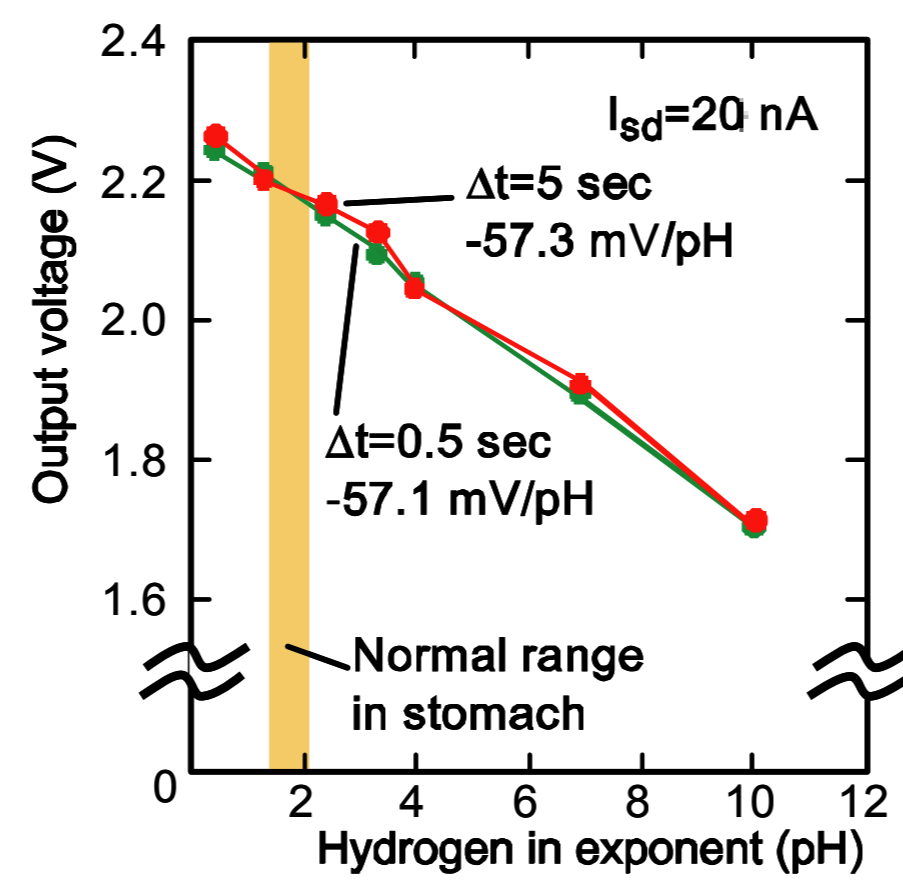
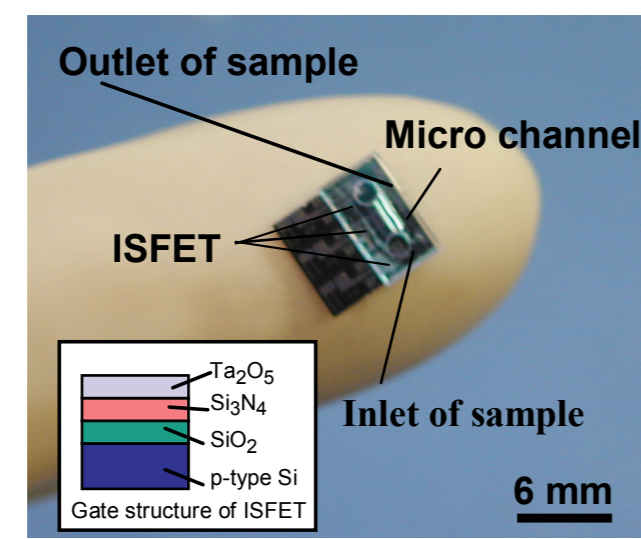
Biosensor

● ISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor)

…表面のイオン濃度に応じて出力電圧が変化する素子

pHセンサとして使用される

今回はISFETによる胃液のpH情報のみ通信することを仮定

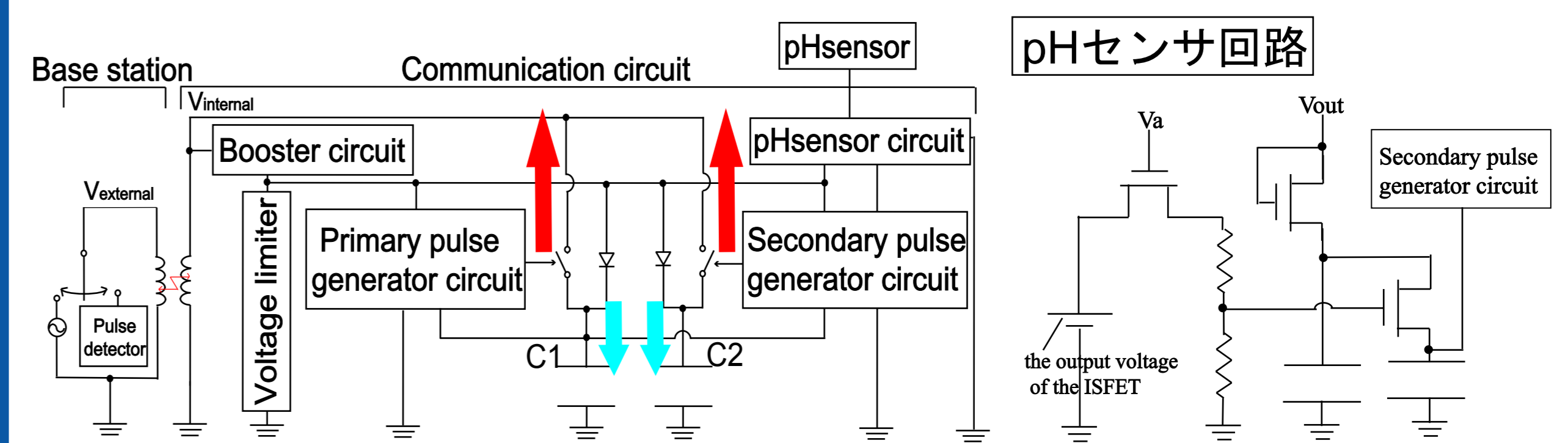


提案回路

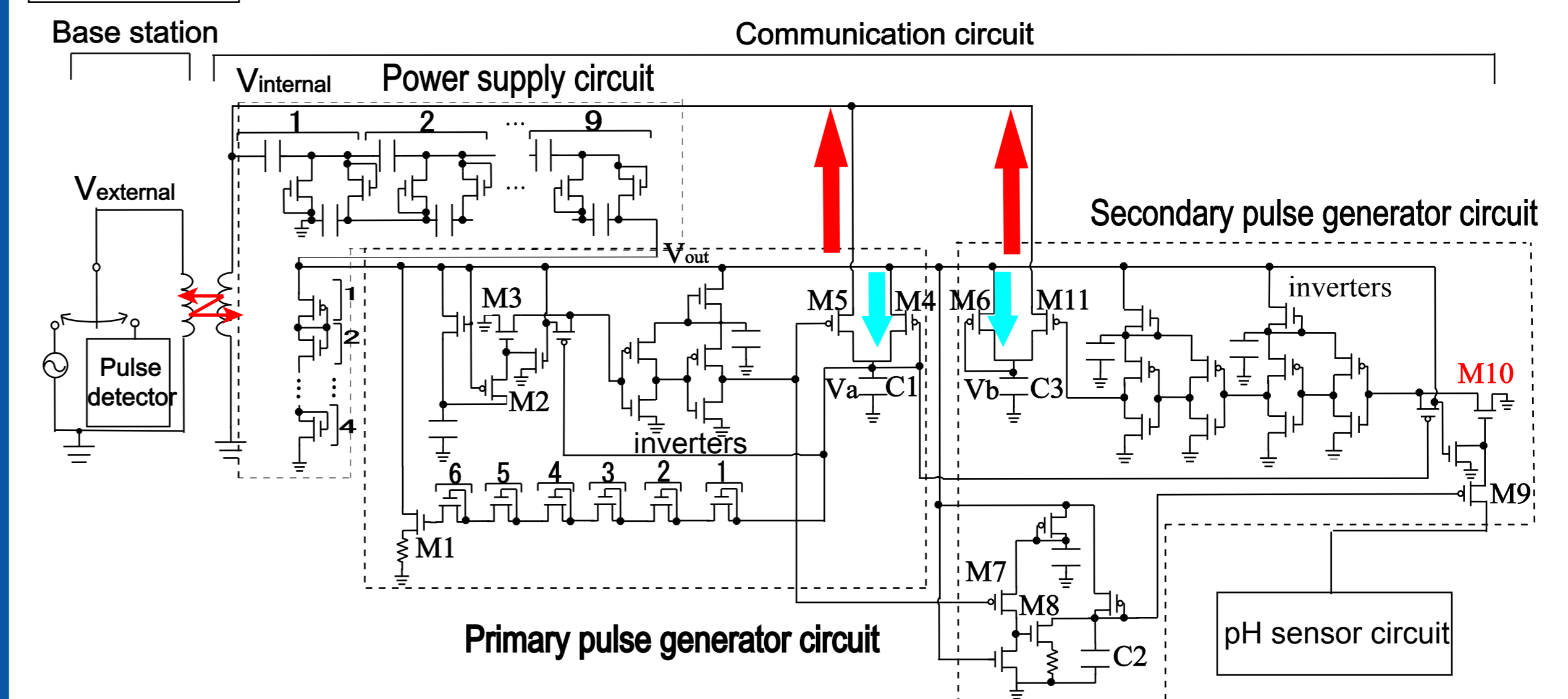
The proposed Communication circuit

回路設計 -circuit design-

● 提案システムの回路図



通信回路



通信仕様

Communication Specifications

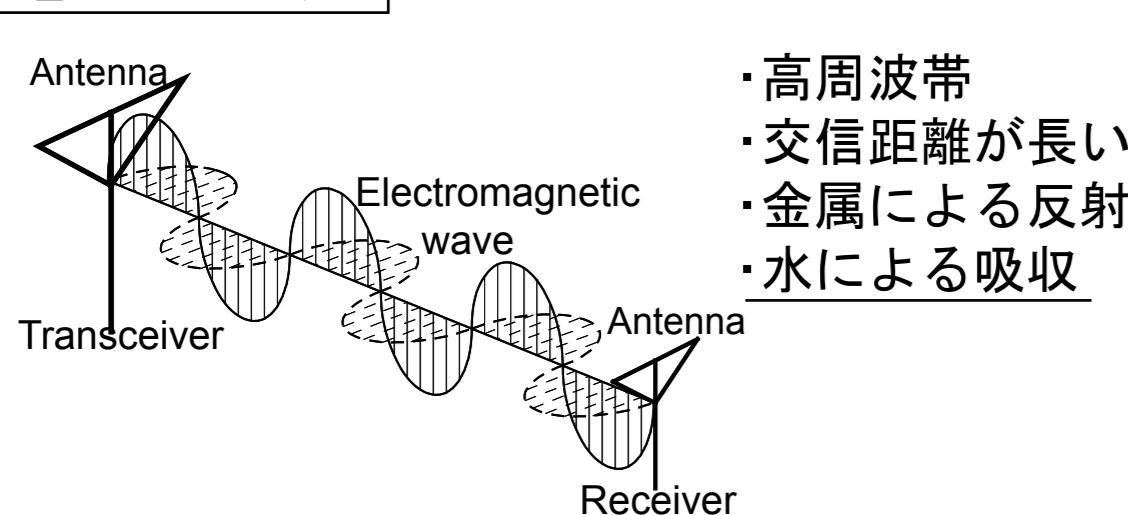
● バッテリーレスで人体を通しての通信

- ・電磁波 (電界) の減衰が大きい
- ・人体内で減衰量が変化する
- ・人体への影響
- ・電力が限られている

→ これらを考慮して通信仕様を決定

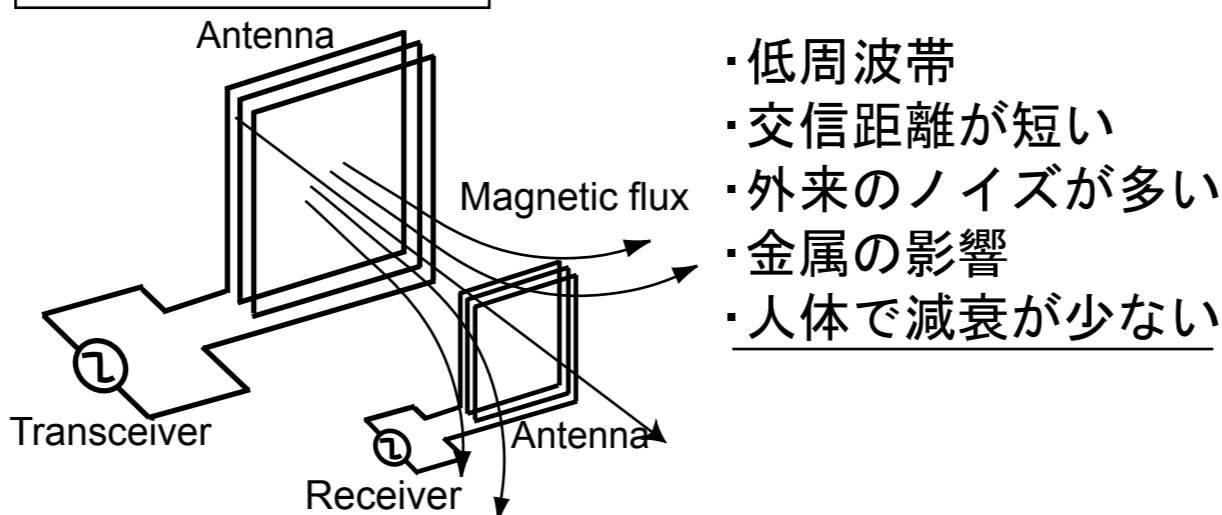
伝送方式 -transmission system-

電磁波伝送



- ・高周波帯
- ・交信距離が長い
- ・金属による反射
- ・水による吸収

電磁結合伝送



- ・低周波帯
- ・交信距離が短い
- ・外来のノイズが多い
- ・金属の影響
- ・人体で減衰が少ない

→ 電磁結合伝送方式採用

周波数帯 -frequency band-

- ・ISM (Industrial, Scientific, Medical) バンドである
- ・高周波では人体での減衰が大きい

→ 13.56MHz採用

擬人体減衰測定結果 (厚さ15cm)

Frequency	Attenuation	
300 kHz	45 dB	
1 MHz	51 dB	
3.5 MHz	54 dB	
13 MHz	47 dB	ISM
35 MHz	39 dB	
2.45 GHz	90 dB	ISM

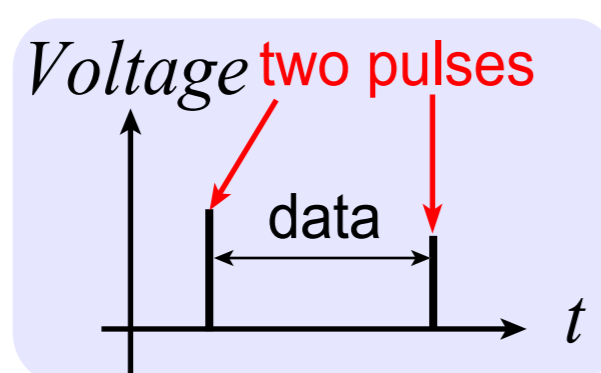
T. Yamada, Japanese Journal of Applied Physics, 2005

変調方式 -modulation-

Pulse Interval Modulation (PIM)

複数パルスの発生する時間間隔を用いたデータ伝送

- 《特徴》
- ・発振器が不要
- ・減衰の変動に強い
- ・伝送レートは高くない



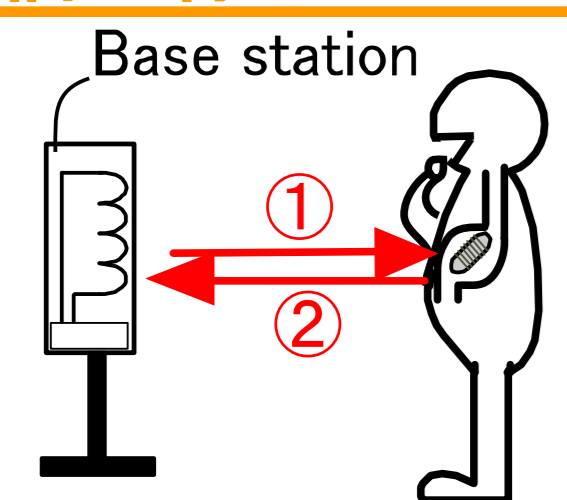
Modulation	ASK	FSK	PSK	PIM*
Attenuation	×	○	○	○
Power consumption	○	×	○	○
Bit rate	△	○	○	△

T. Yamada, Japanese Journal of Applied Physics, 2005

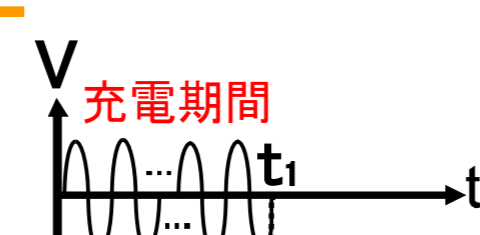
- ・AM変調…減衰に弱い
- ・FM/PM変調…発振器が不要
- ・pH情報のみ通信

→ PIM採用 但し、検波しやすいように電力供給を止めるために電力をキャパシタに蓄えておく

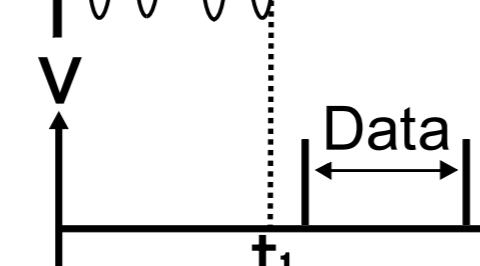
通信の様子 -total communication-



①の信号波形

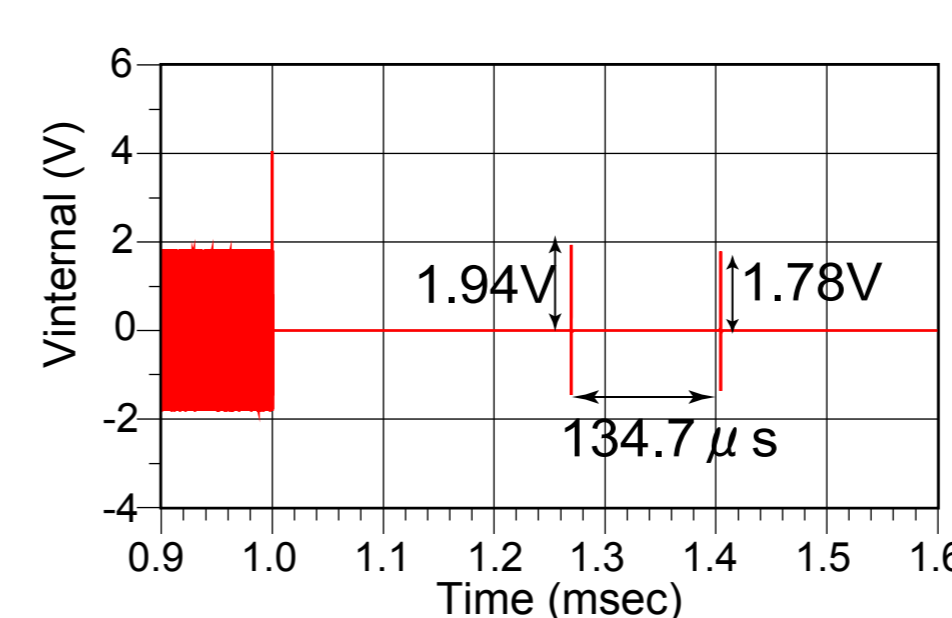


②の信号波形

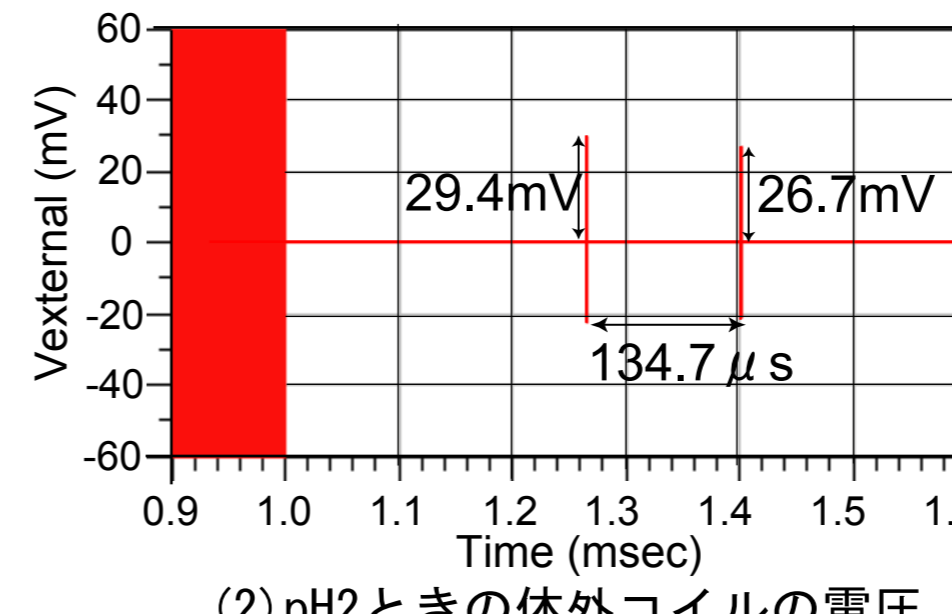


シミュレーション -simulation-

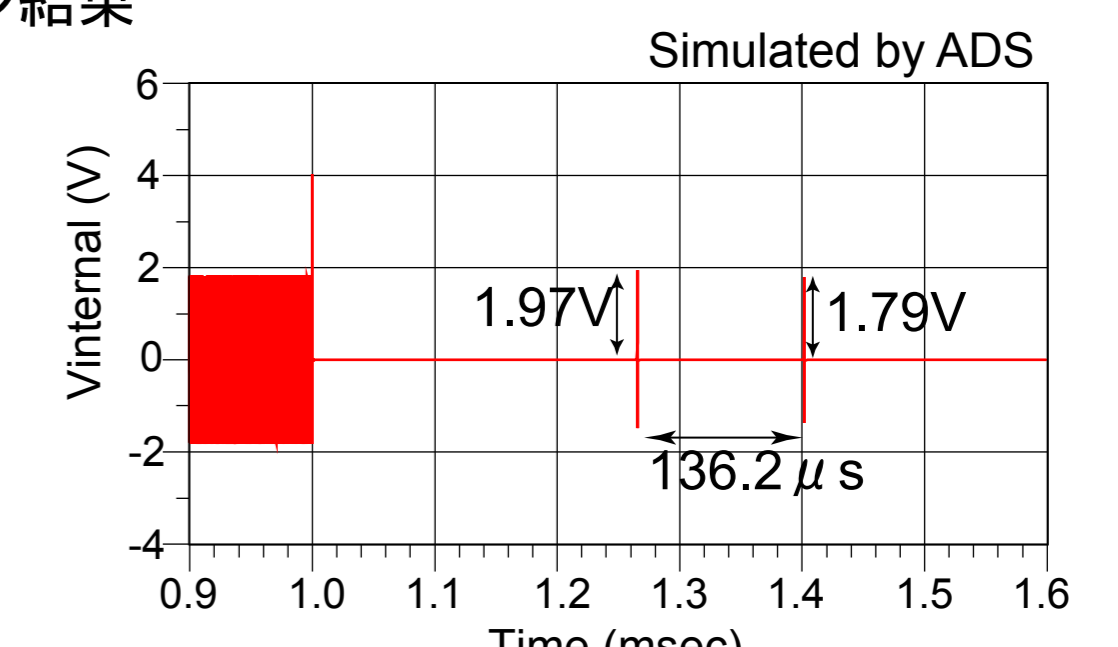
アンテナの結合係数0.015、ベースステーションから13.56MHzの正弦波で充電したときのシミュレーション結果



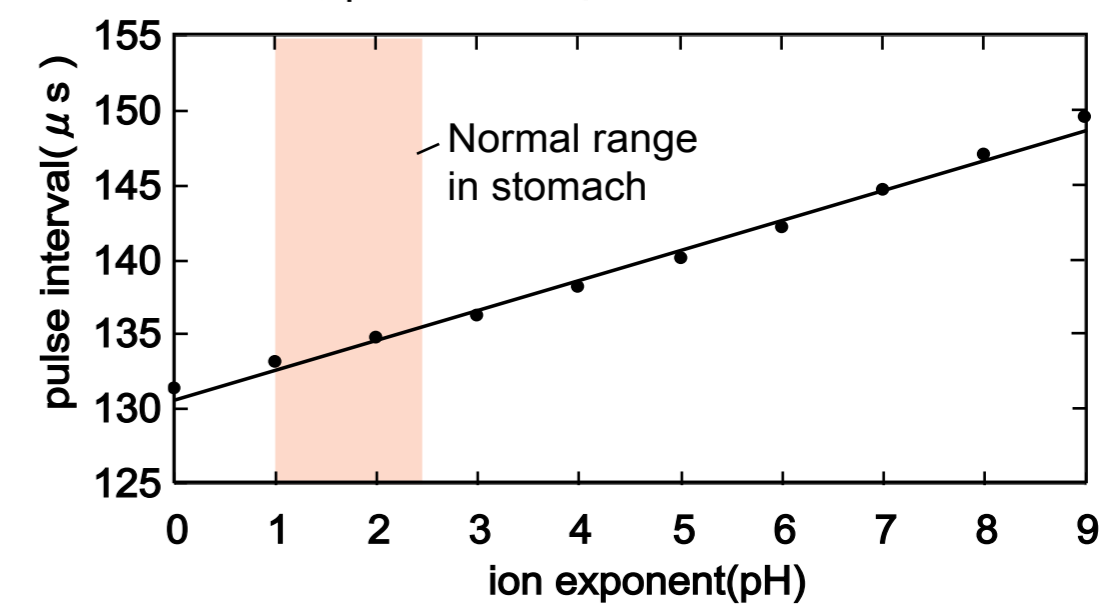
(1) pH2ときの体内コイルの電圧



(2) pH2ときの体外コイルの電圧



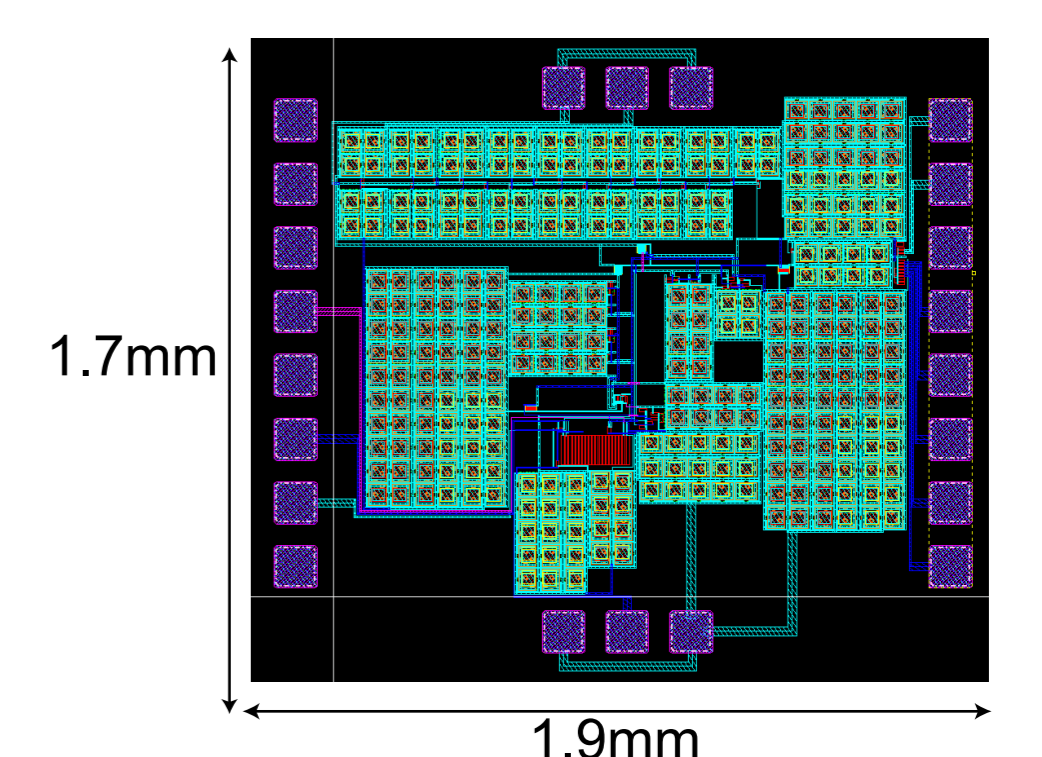
(3) pH3ときの体内コイルの電圧



(4) PIMによるpHと時間間隔の様子

試作 -publication-

0.35 μm CMOSプロセスによるバッテリーレス無線通信用PIM変調回路の試作



まとめ -conclusion-

日常的な診断や健康管理に用いやすいように低侵襲かつ扱いやすい大きさが期待できるバッテリーレスセンサモジュールを用いた in vivo 無線通信システムのパIM変調回路について検討した。人体からの減衰を考慮して通信仕様を検討し、バッテリーレスな in vivo 無線通信回路を設計した。ADSによりシミュレーションを行ったところPIM変調を行っていることを確認した。これによって電池を使用せず、より安全体内の生体情報を測定するセンサモジュールの実現可能性が示された。にまた、実際に0.35 μm CMOSプロセスでTEGの試作を行っている。今後はベースステーションやアンテナについても検討していく予定である。