

医療ビッグデータ連携ヘルスケアに向けた 使い捨て可能・電力自立バイオセンサ 集積回路技術の開発

名古屋大学大学院 工学研究科
准教授 新津 葵一(にいつきいち)

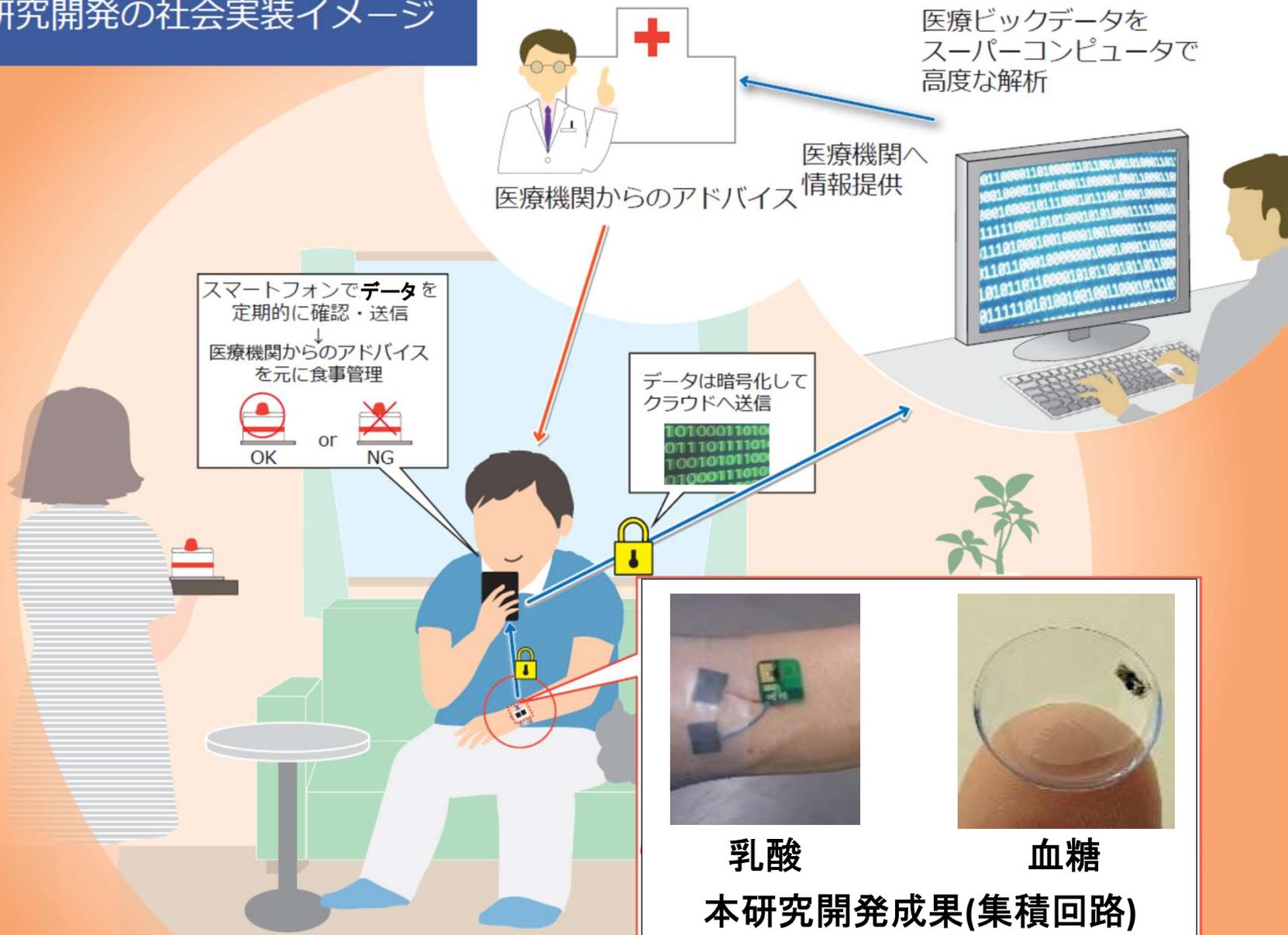
niitsu@nuee.nagoya-u.ac.jp



研究目標：医療ビッグデータ連携ヘルスケア

- “手軽な”生体分子濃度のモニタリングによる医療ビッグデータ連携ヘルスケア

本研究開発の社会実装イメージ



アウトライン

- 医療ビッグデータ連携ヘルスケアに向けた
使い捨て可能・電力自立バイオセンサ集積回路技術

- 1次プロトタイプ



65nm CMOSで $53\mu\text{W}@0.19\text{V}$ 動作&温度センシングを達成
パッチ型電力自立**乳酸**センシングの実現可能性実証に成功

- 2次プロトタイプ

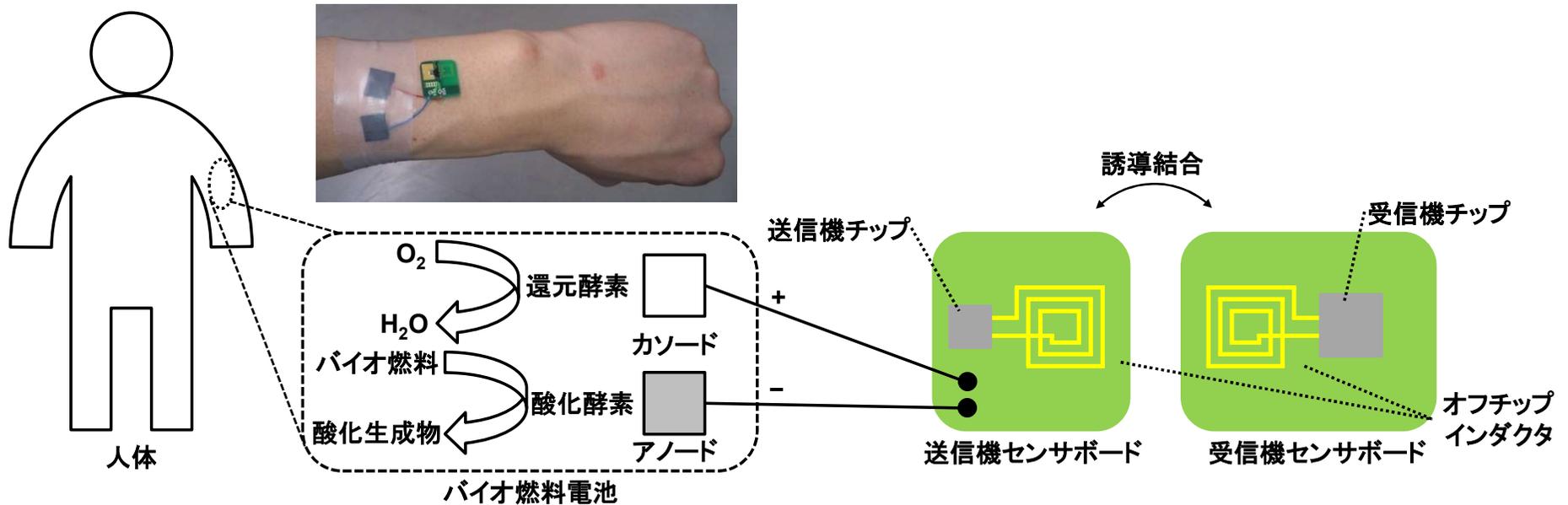


55nm CMOSで $1.9\text{nW}@0.31\text{V}$ 動作を達成
コンタクト型電力自立血糖センシングの実現可能性実証に成功



概要

- 65nm CMOSで $53\mu\text{W}@0.19\text{V}$ 動作&温度センシングを達成
パッチ型電力自立**乳酸**センシングの実現可能性実証に成功
 - ▶ 発電量を決める酵素活性が温度依存性を有するため、**温度センシング**により高精度化が可能に



機能

- ▶ 発電センシング
- ▶ 温度センシング



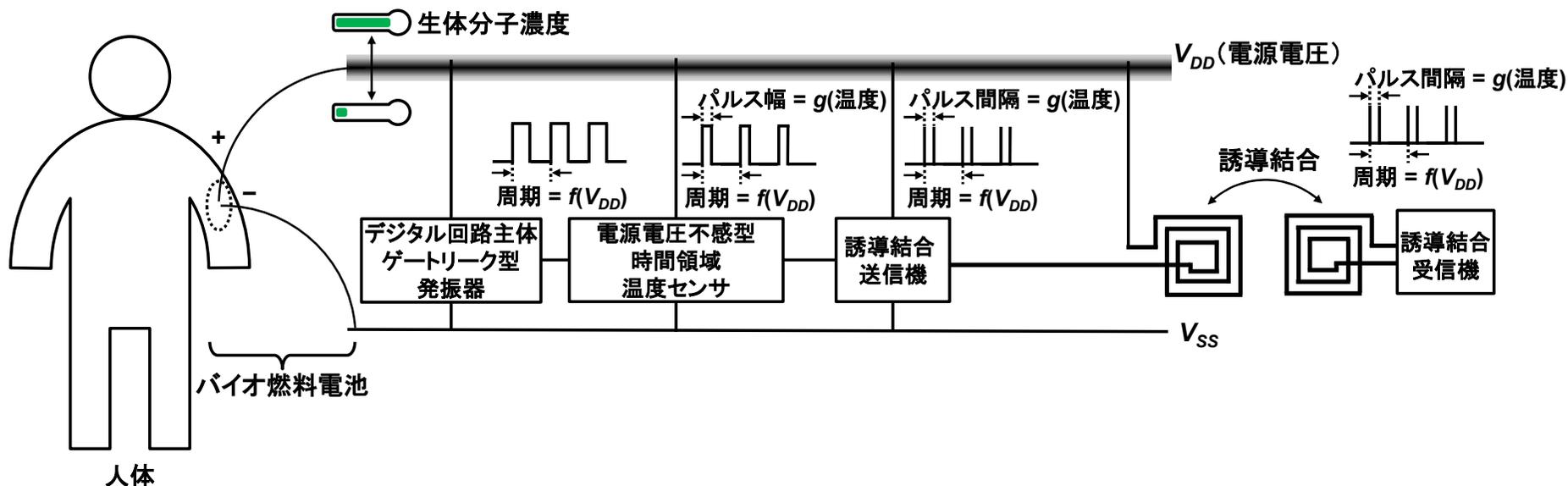
性能

- ▶ 低電源電圧動作
- ▶ 低消費電力動作
- ▶ 低コスト



提案するシステム

- デジタル回路技術を積極的に活用して、低消費電力化・低コスト化を実現



- 発振器 (発電センサ)
 - ▶ 電源電圧 (生体分子濃度) を周期に変換
- 温度センサ
 - ▶ 温度をパルス幅に変換
- 誘導結合送信機と受信機
 - ▶ 電流駆動により, 低電源電圧で無線通信



動作原理

温度依存性が小さい発振器(発電センサ)

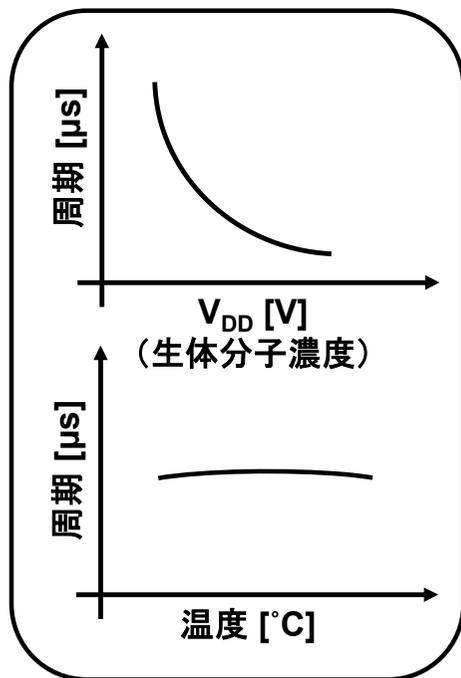
電源電圧依存性が小さい温度センサ



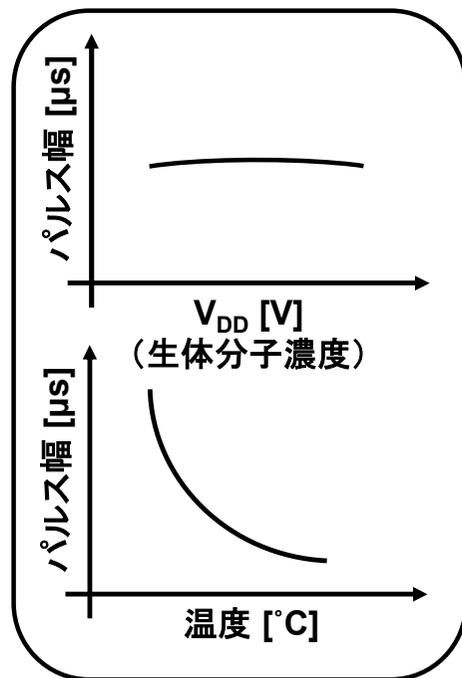
正確な発電センシング

発振器(発電センサ)

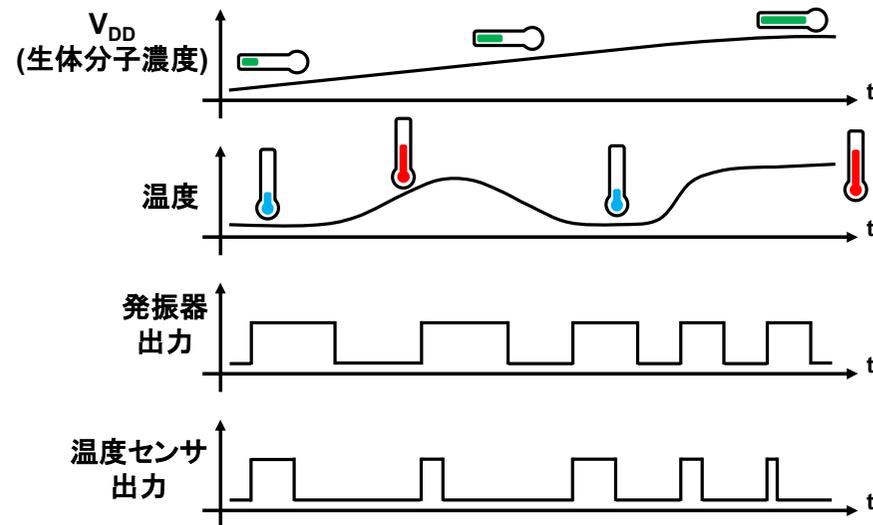
温度センサ



$$\text{周期} = f(V_{DD}, \text{温度}) \approx f(V_{DD})$$



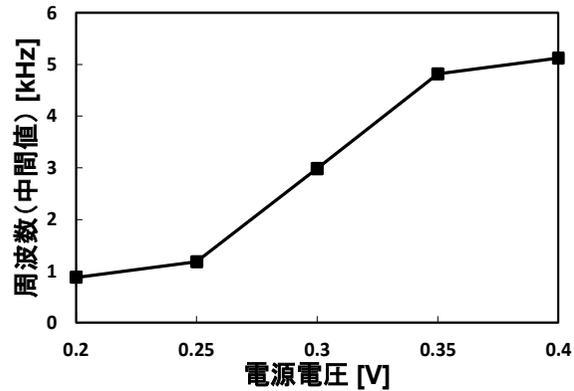
$$\text{パルス幅} = g(V_{DD}, \text{温度}) \approx g(\text{温度})$$



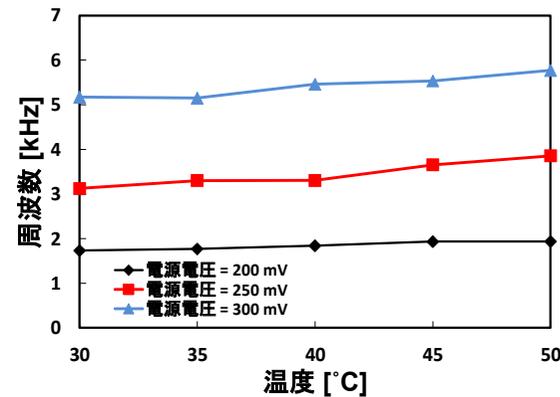


測定結果

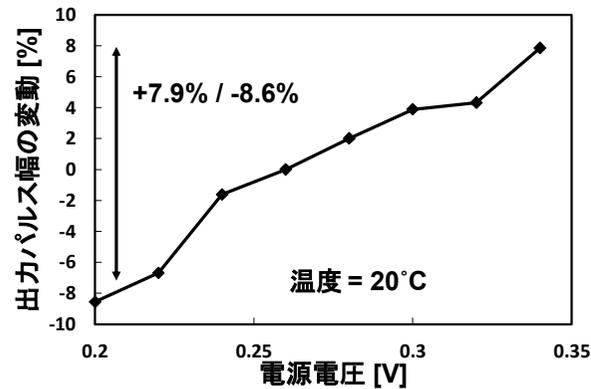
- バイオ濃度と温度の同時センシングに成功



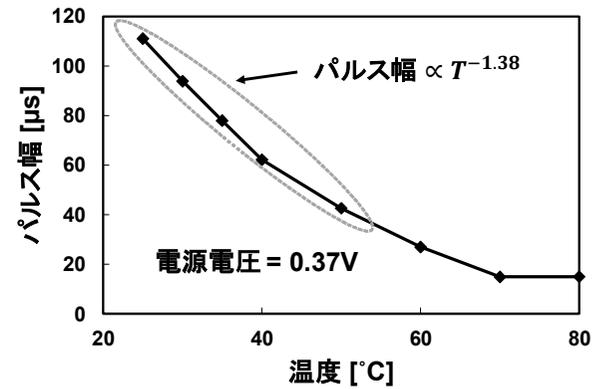
電源電圧に対する出力周波数 (中間値) の変化



温度に対する周波数の変化



電源電圧に対する出力パルス幅の変動

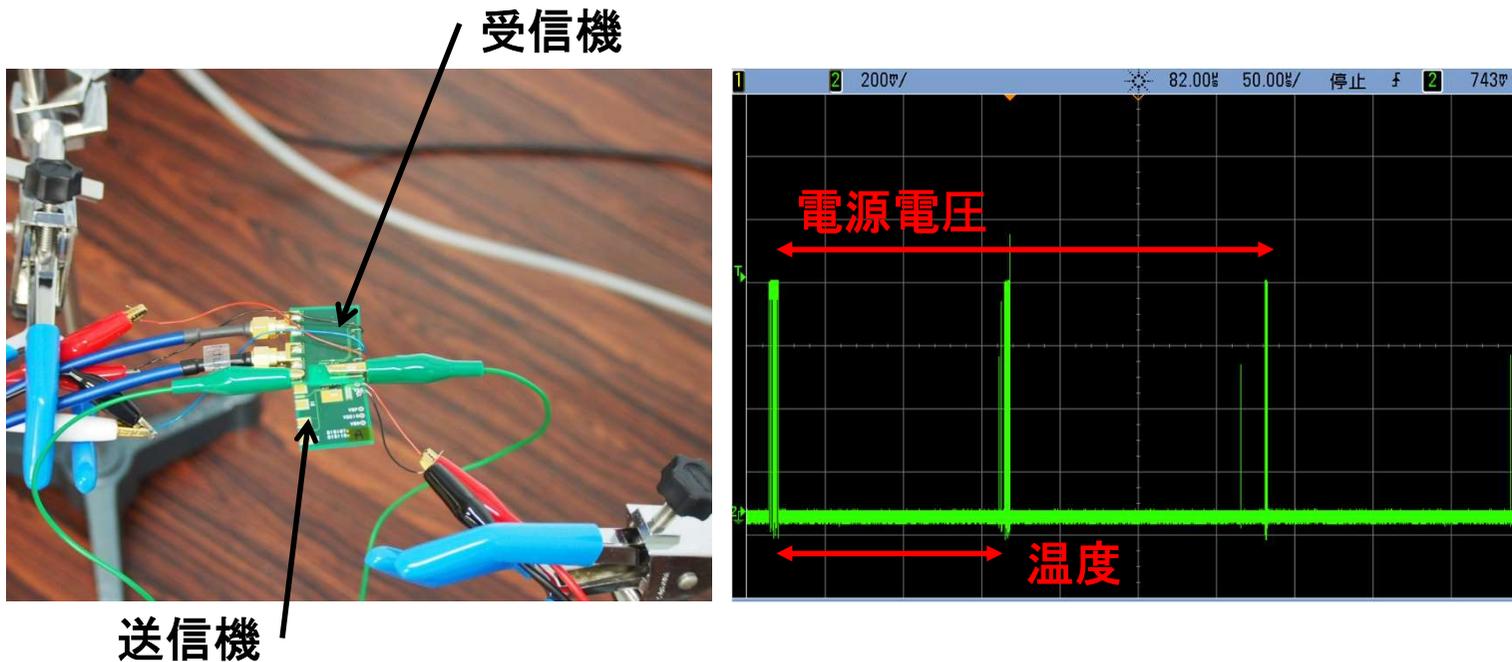


温度に対するパルス幅の変化



測定結果

- 電源電圧 0.19 V における動作を確認
 - 電源電圧(乳酸濃度)と温度の同時センシングを実証
 - 通信距離は $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上、消費電力は $53\text{ }\mu\text{W}$



アウトライン

- 医療ビッグデータ連携ヘルスケアに向けた
使い捨て可能・電力自立バイオセンサ集積回路技術

- 1次プロトタイプ



65nm CMOSで $53\mu\text{W}@0.19\text{V}$ 動作&温度センシングを達成
パッチ型電力自立乳酸センシングの実現可能性実証に成功

- 2次プロトタイプ

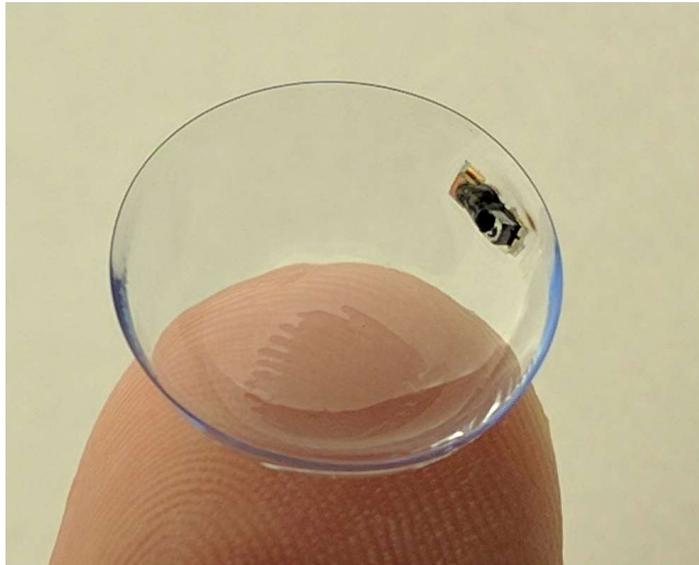


55nm CMOSで **$1.9\text{nW}@0.31\text{V}$** 動作を達成
コンタクト型電力自立**血糖**センシングの実現可能性実証に成功

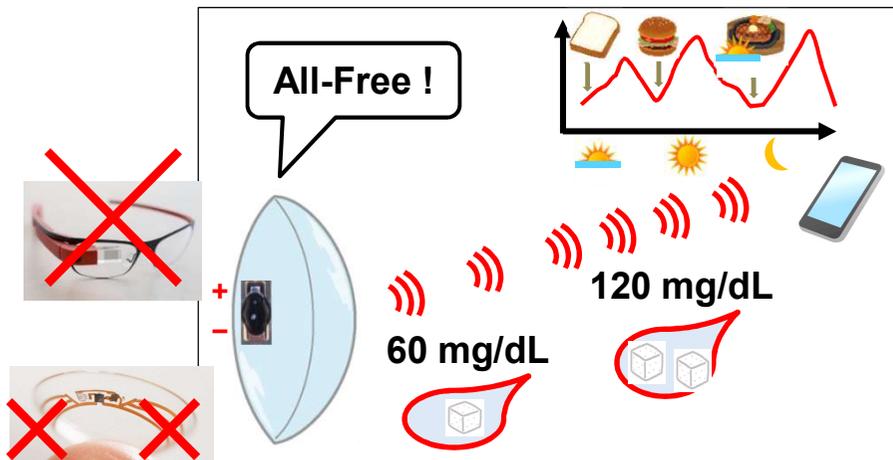


概要

~将来のコンタクトレンズは、
装着するだけで血糖モニタリングが可能に~

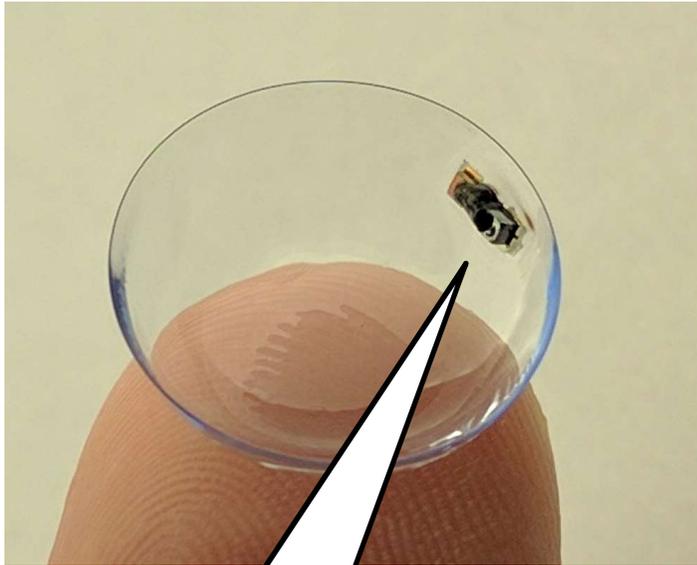


- 針が不要であり痛みが無い
- 無線電力伝送が不要なので、
メガネ型端末が不要
アンテナ小型化も可能
- 就寝時装着が可能
酸素透過性レンズと
組み合わせることで夜間
血糖モニタリングが可能に
- 低コスト→使い捨て可能を
目指し10円以下を目指す

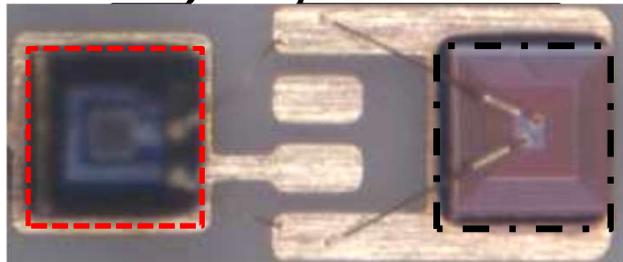




技術概要



- **55nm CMOSで1.9nW@0.31V動作を達成**
 - コンタクト型電力自立血糖センシングの実現可能性を実証
- **1mm²以下の低コストでの世界最小消費電力無線送信回路**
 - 55nm CMOS、0.6mm角
 - 6.1 nA / 1.9 nW 消費電流/消費電力



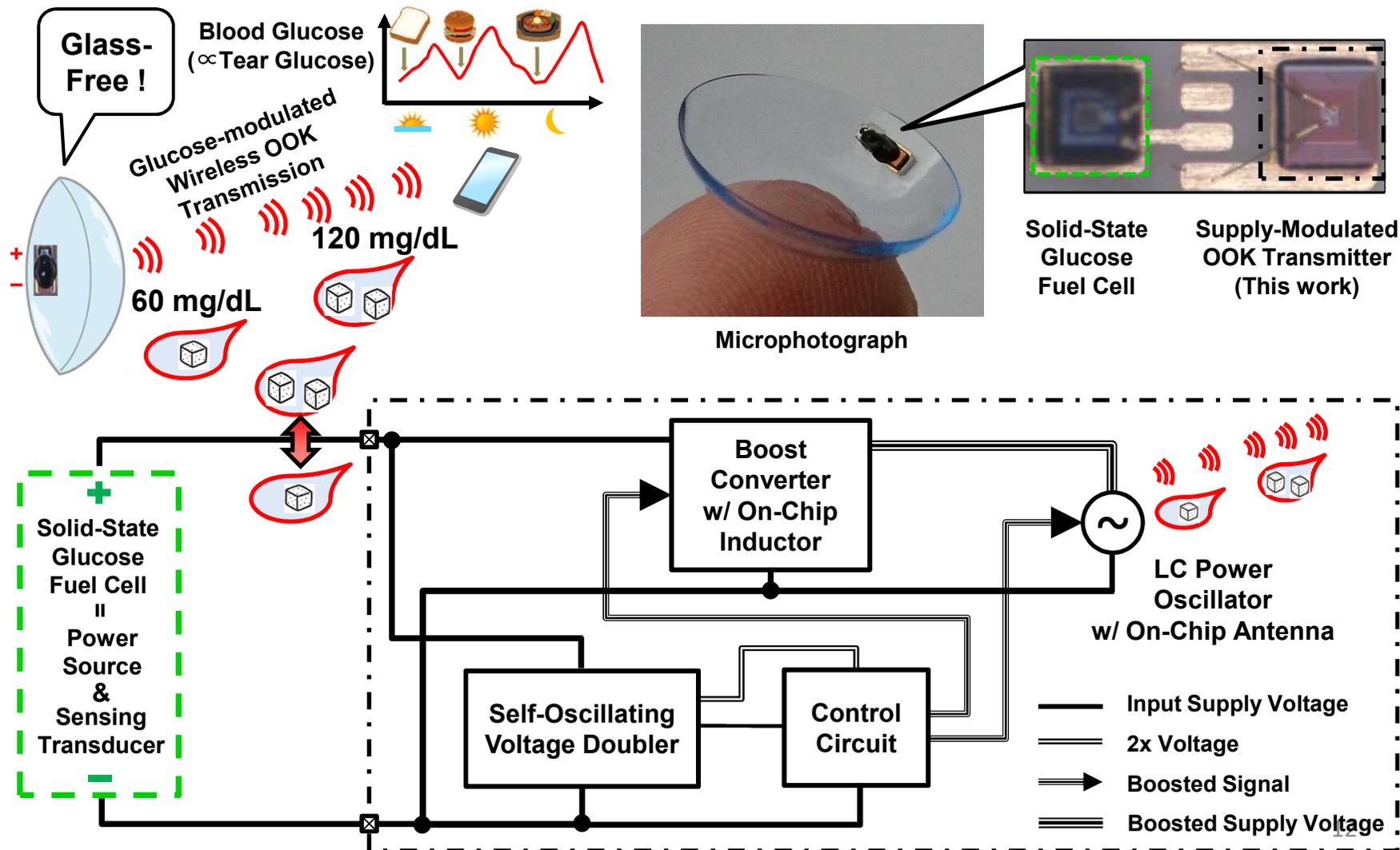
固体素子型
グルコース
発電素子
(別PJにて開発)

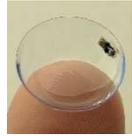
CMOS
集積回路
(センシング,
無線送信)



回路構成

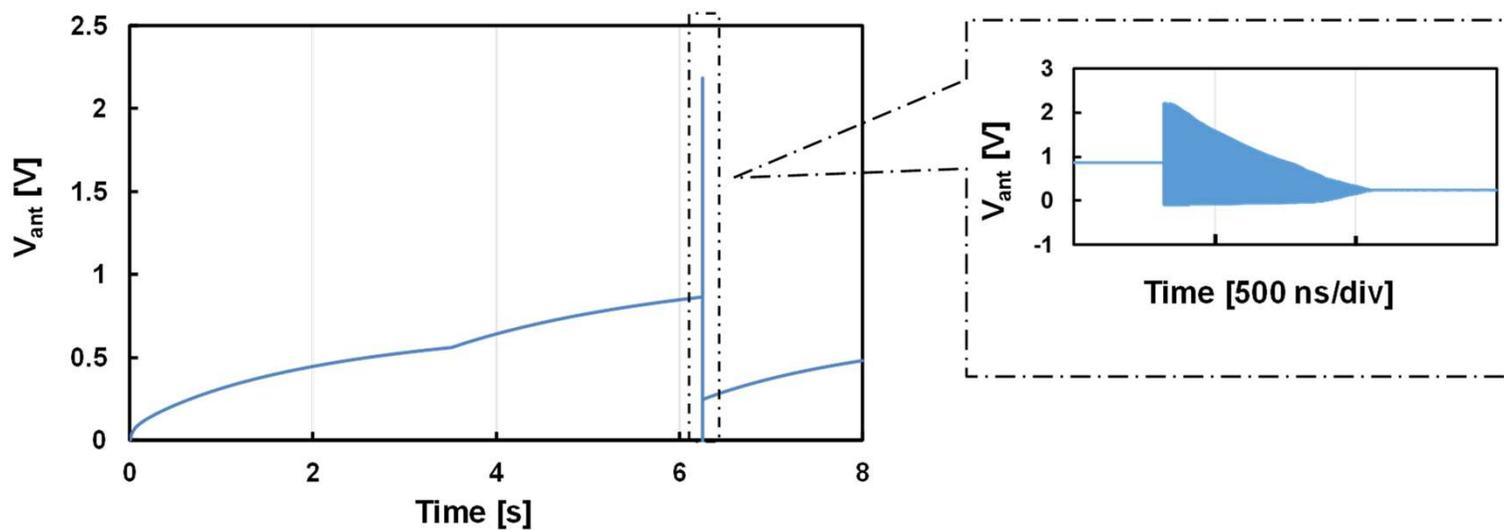
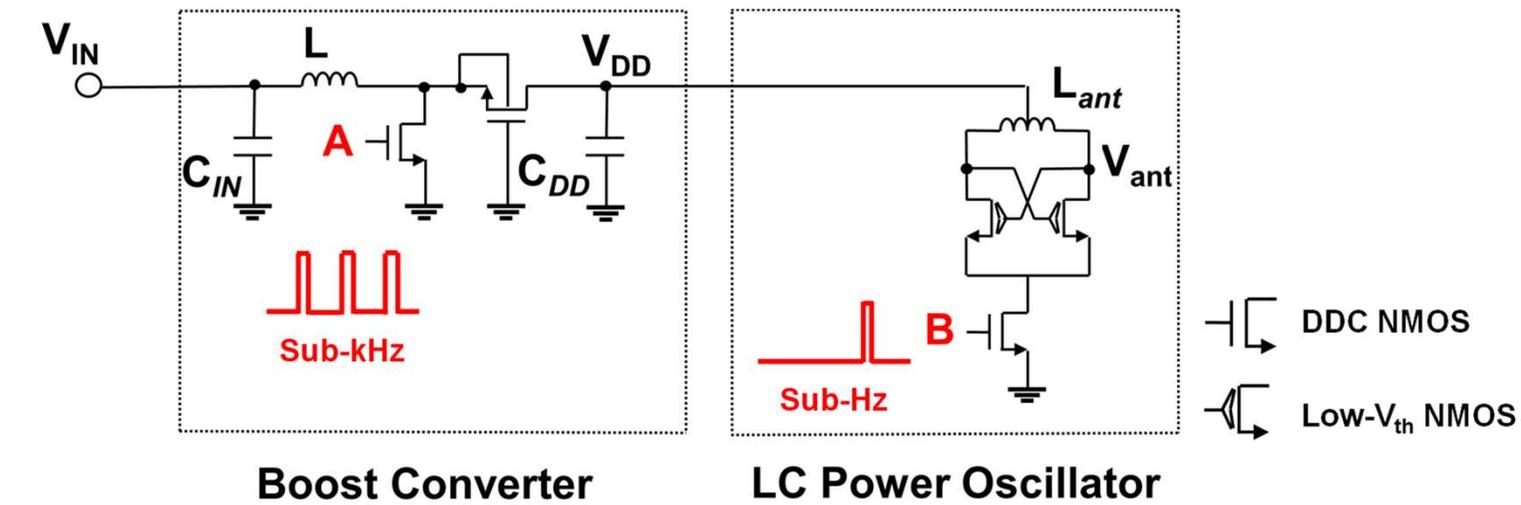
- 涙液糖濃度と血糖濃度には高い相関があることが報告されている
- 電源電圧(\propto 血糖濃度)に応じて、無線発信周期が変化

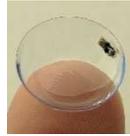




回路構成

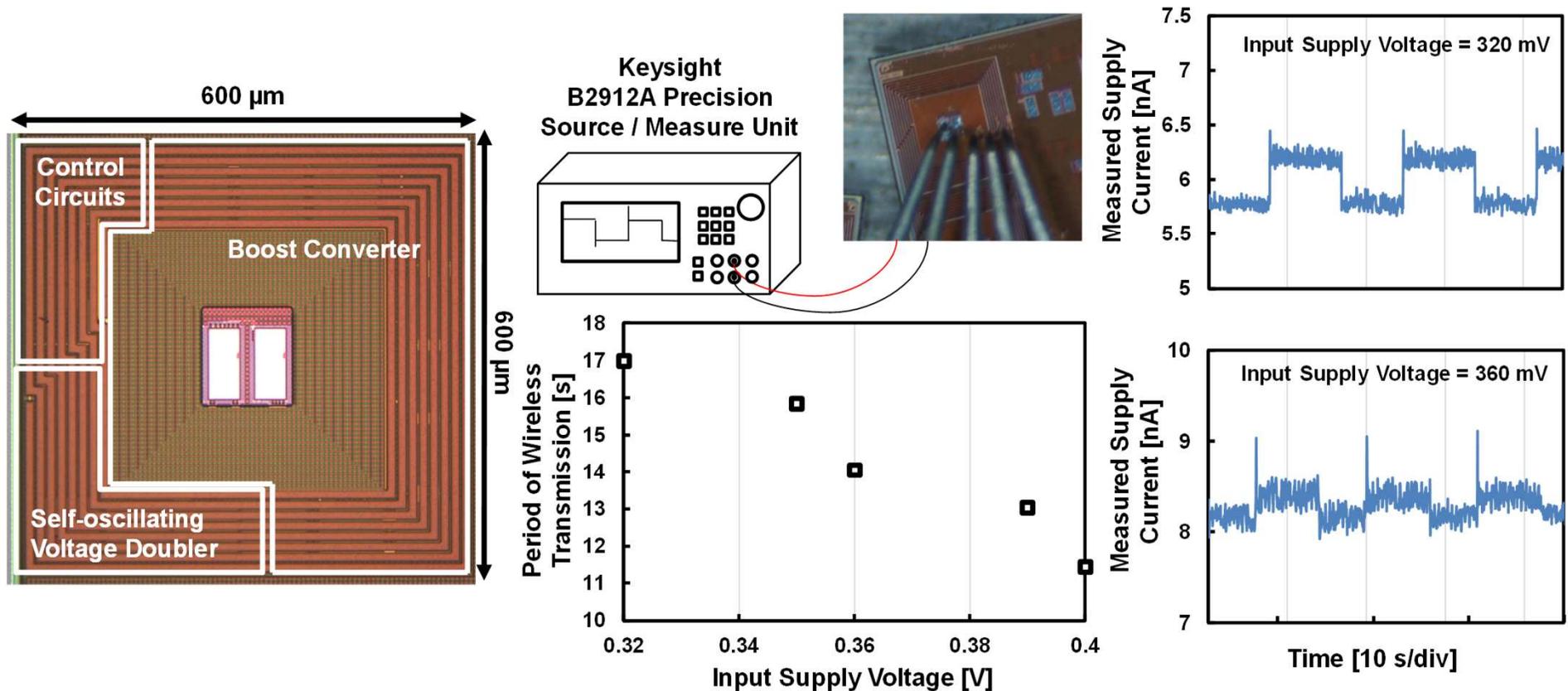
- 昇圧回路とLCパワー発振器で構成、低消費電力を実現





評価結果

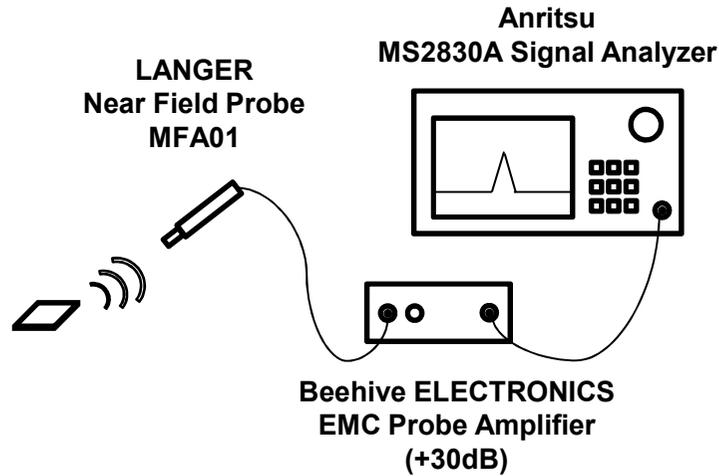
- 電源電圧(\propto 血糖濃度)に応じて、無線発信周期が変化していることを確認



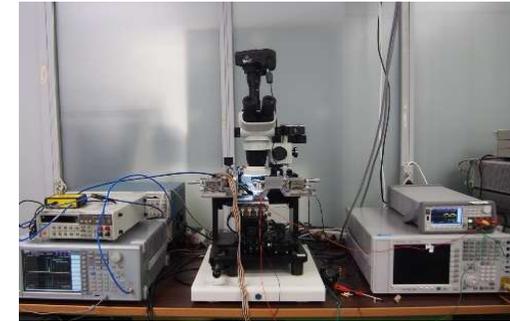


無線送信

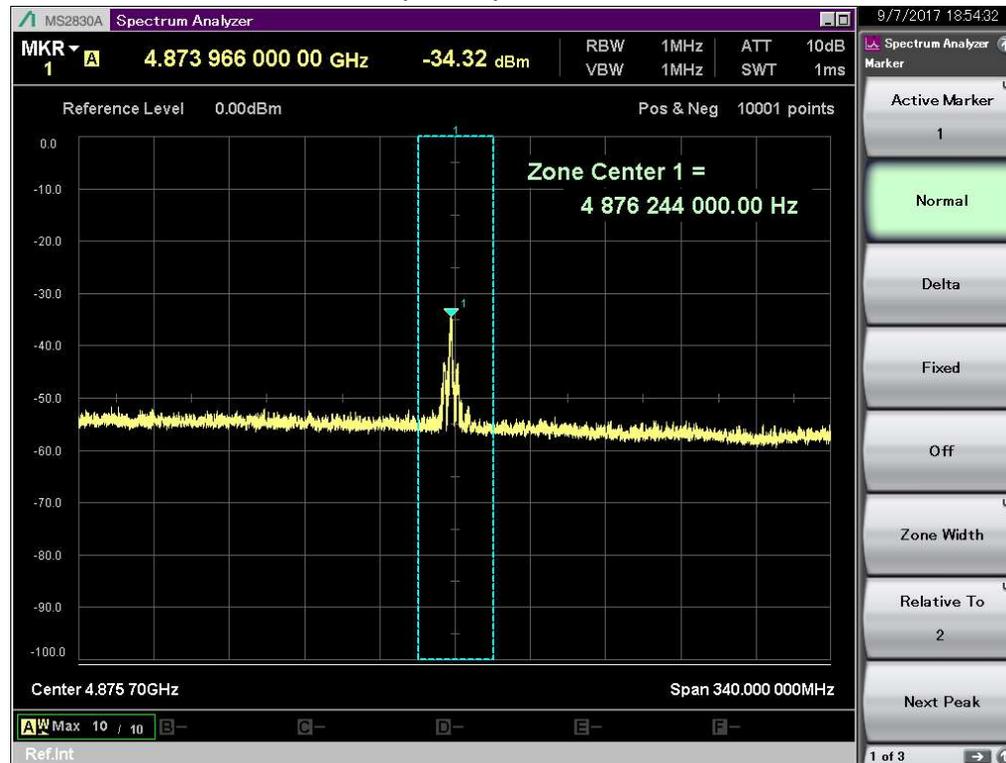
- 0.6mm角集積回路チップからサブmm²サイズで世界最小電力(1.9nW)の無線送信に成功



実験セットアップ(集積回路)



実験セットアップ(全体)

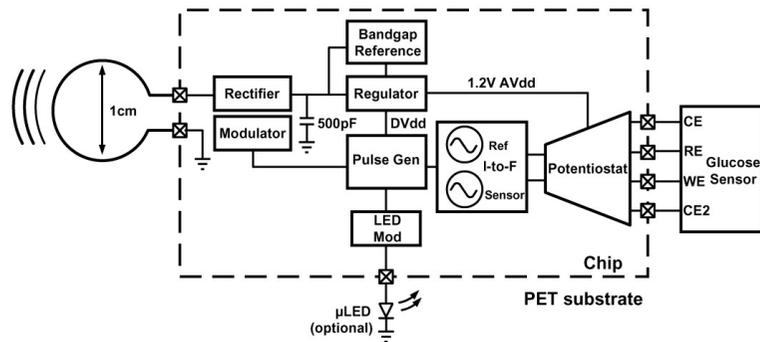
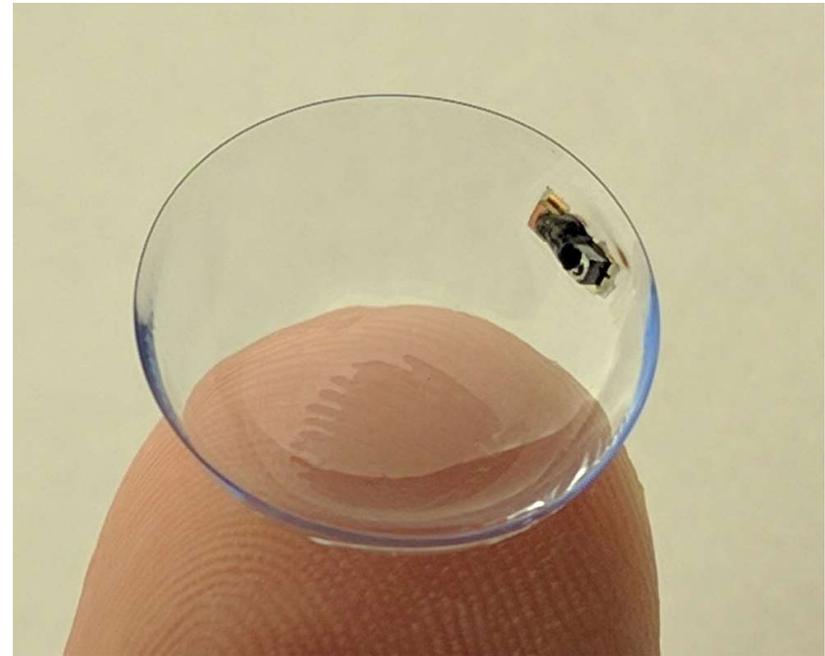


	従来技術 (Google社)	本研究成果
プロセス	130 nm	55 nm DDC
消費電力	3 μ W	1.9 nW
消費電流	750 nA	6.1 nA
オンチップ/ オフチップ	オフチップ アンテナ・電極	全てオンチップ
サイズ	0.6 mm \times 0.6 mm	0.6 mm \times 0.6 mm

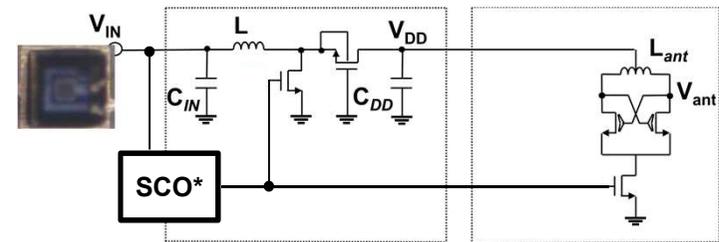


グーグル社のスマートコンタクトとの比較

- 集積回路アーキテクチャの改良により、消費電力の削減・低コスト化に成功



3 μ W, メガネ型端末必須
(Google社)



Boost Converter

LC Power Oscillator

*SCO: Supply controlled oscillator

1.9 nW, メガネ型端末不要
(本研究)

まとめと今後の展開

- 医療ビッグデータ連携ヘルスケアに向けた
使い捨て可能・電力自立バイオセンサ集積回路技術
の社会実装への展開を模索
- 社会実装へ向けては、長時間を要し、様々な技術分野で
の技術的課題が山積
- 総務省様をはじめとした皆様からの御支援・御指導を
承りながら、社会実装を目指します

