

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」

第1回ライフラインコアモニタリング プロジェクト成果報告会

～圧電MEMS振動発電 センサデバイスの開発～

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

2015年4月23日

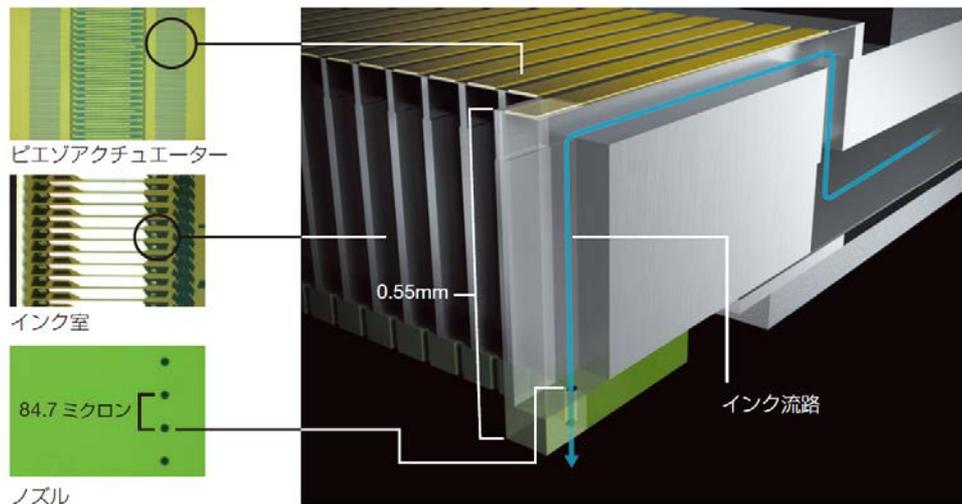
圧電MEMS

ジャイロ(PZT)



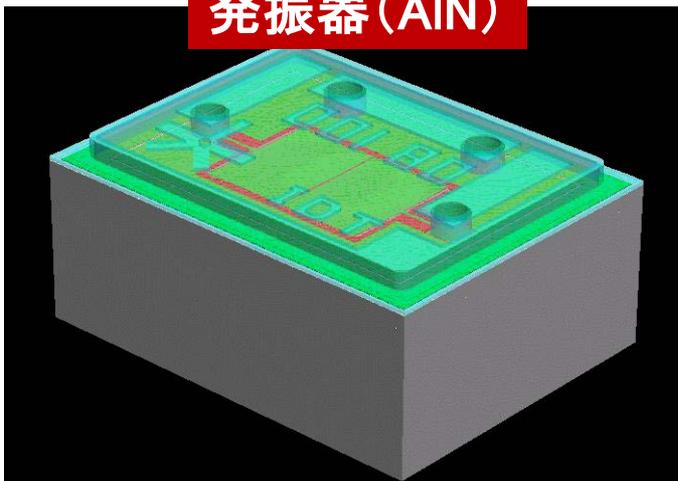
<http://panasonic.net/id/jp/r-and-d/approach/sp04/>

インクジェットヘッド(PZT)



<http://www.epson.jp/technology/precisioncore/>

発振器(AIN)



<http://ja.idt.com/products/clocks-timing/pmems-resonator-technology>

圧電MEMSの特徴

- 高出力、高発生力
- センサ／アクチュエータ集積化
- 自己発電



圧電MEMSファウンダリ



会社案内 | CSR | ニュース | 投資家情報 | 採用情報 | 会員登録ログイン | お問い合わせ 日本・日本語

製品情報 アプリケーション セールス&サポート 購入/サンプル

▼ Search R

業界初※、薄膜圧電素子を用いたMEMSファウンドリビジネスをロームが開始
センサやアクチュエータの小型化・省エネ化に革新的な進化を提供

2014年8月5日

※2014年8月5日現在 ローム調べ

<要旨>

ローム株式会社(本社:京都市)は、薄膜圧電(ピエゾ)素子を用いたMEMS(以下、圧電MEMS:MEMSは微小電気機械システムのこと)工程を構築し、お客様の要望に応じた製品の開発・製造をウエイ投入から実装まで一貫して行う、ファウンドリビジネスを業界で初めて※開始しました。

圧電素子は素子に圧力が加わった場合に電圧を発生する性質を持っており、従来インクジェットヘッドや赤外線カメラ、カメラのオートフォーカスなど様々な電子機器に組み込まれています。

一方、MEMSは加速度センサやジャイロセンサなどに使われる技術で、これに薄膜圧電素子を組み合わせることができれば、処理するコントローラを極めて小さくシンプルに

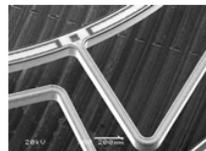
圧電MEMS事業を構成する3つの基幹技術



ロームグループ、技術シナジーの結晶

シリコンセンシング社

MEMS ファウンドリーサービス



シリコンセンシング社は15年間の自社MEMSジャイロセンサの生産実績(累計3000万個以上)を生かし、お客様のニーズにお応えしたMEMS生産受託を行います。

圧電薄膜(PZT)成膜サービス

PZTは圧電特性に優れ、また、薄膜化することにより微細なパターニングが可能で、センサやMEMSデバイスの小型化に寄与できます。
シリコンセンシング社は自社ジャイロCRM/CMSシリーズで2010年から量産しているPZT成膜加工プロセスをファウンドリにて提供します。

■弊社の圧電薄膜(PZT)成膜サービスの特徴

高い信頼性	・量産実績があり、安定した成膜が可能です。
短納期対応	・最短で1週間で出荷致します。(別途ご相談)
少量ロット	・試作1枚から承ります。
安価	・費用は、お問い合わせ下さい。

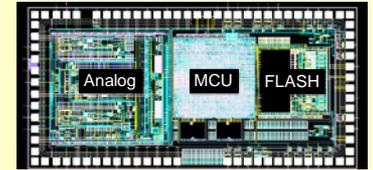
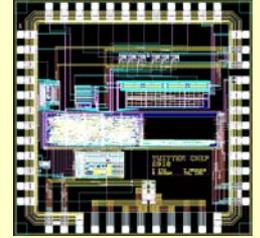
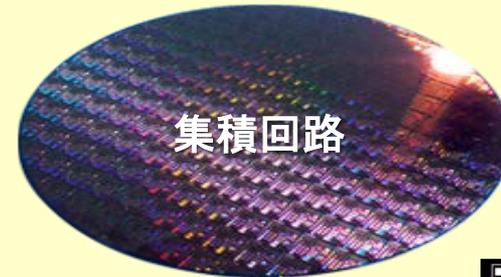
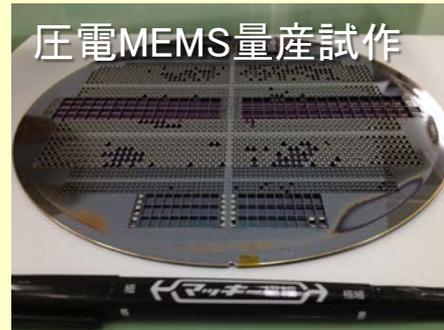
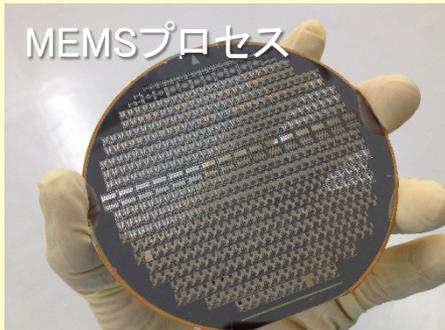
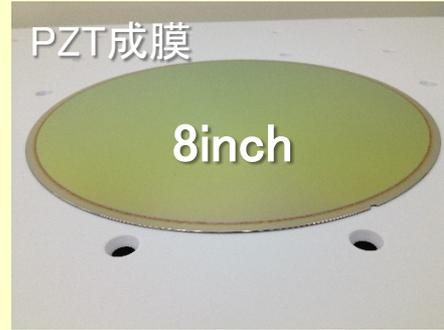
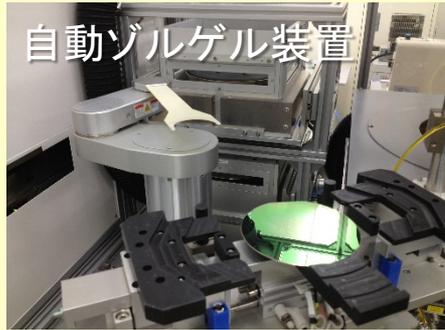
製造委託は可能な状況になりつつある



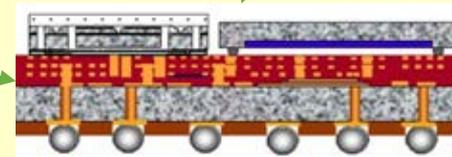
産総研: 研究開発から製造へと迅速に繋ぐ役割(橋渡し)



産総研の圧電MEMS研究開発



ヘテロ集積化



基盤技術開発

RF-MEMSスイッチ

振動発電素子

活動量センサ

静電気センサ

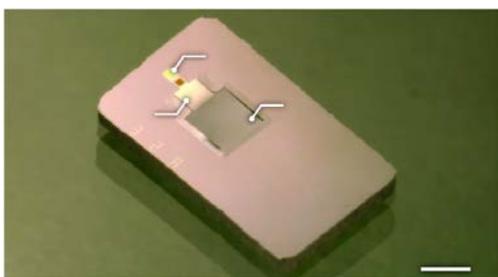
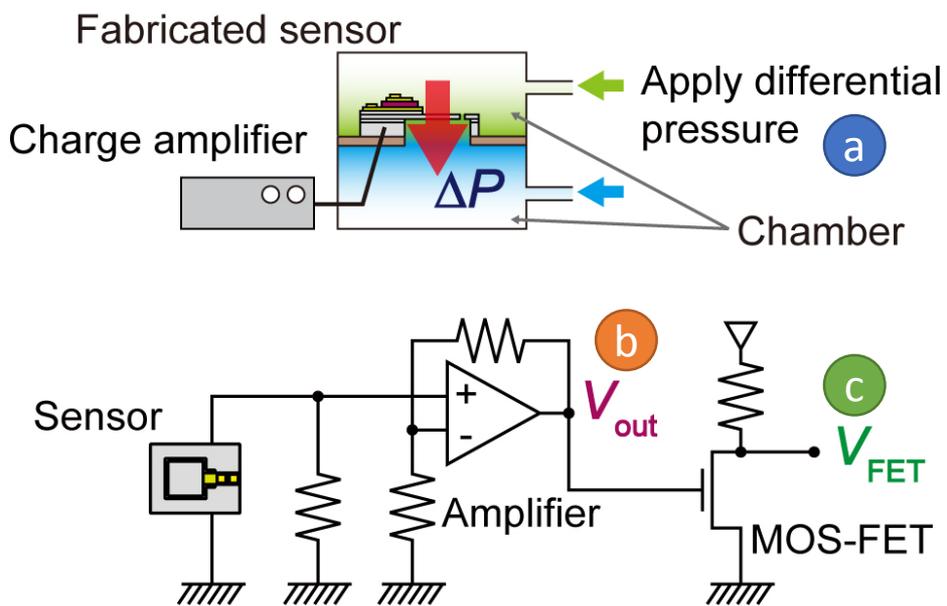
新規デバイス開発



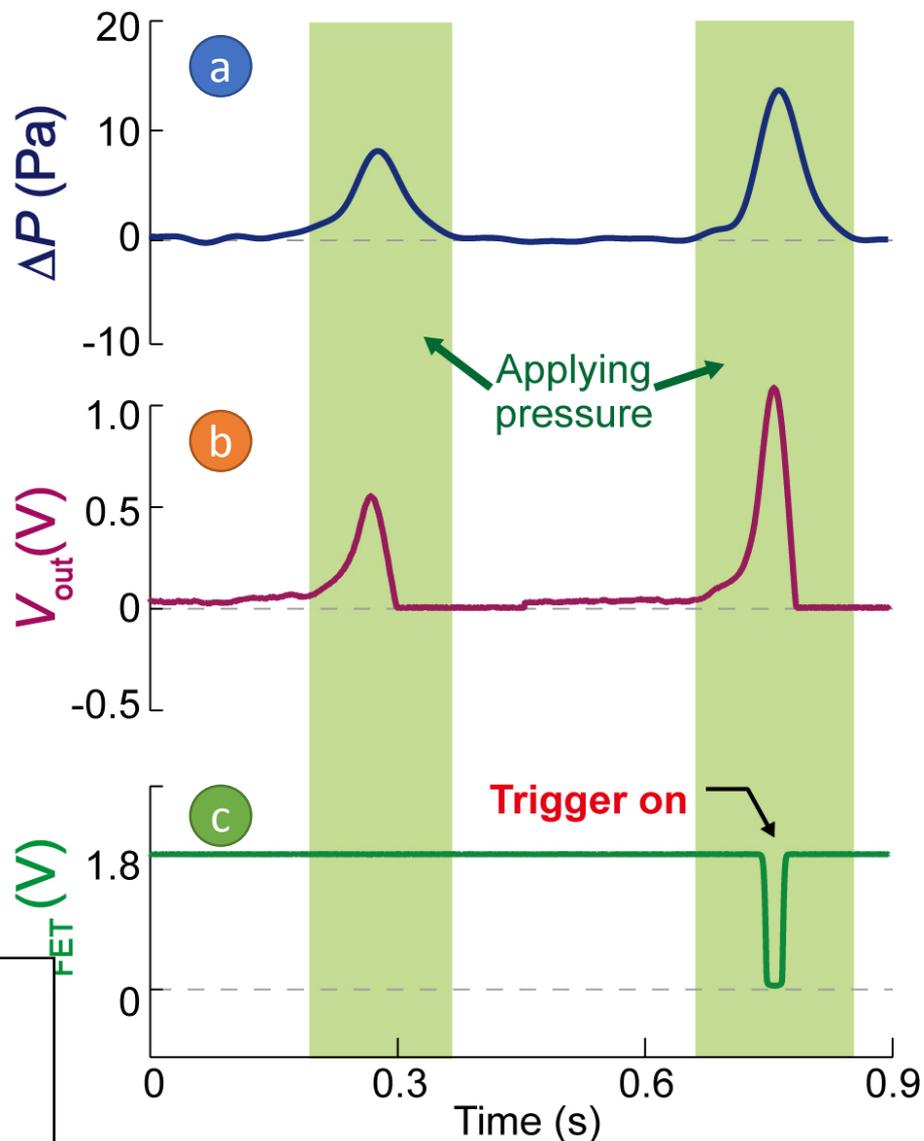
モニタリングデバイスへの応用



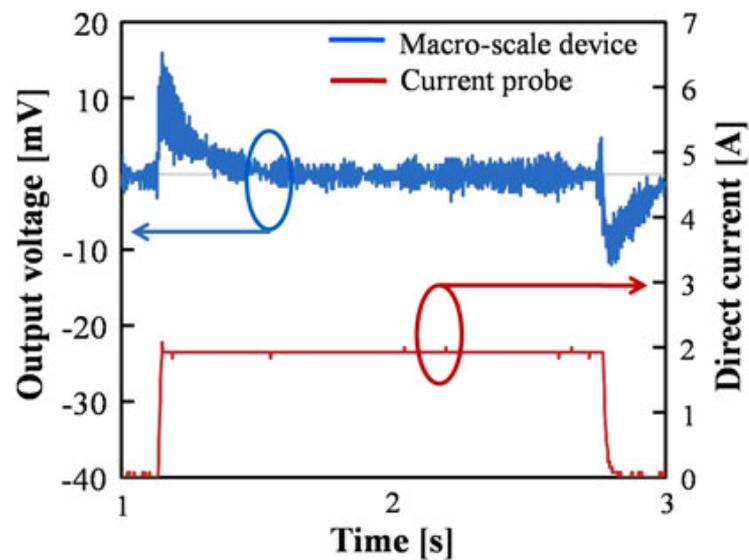
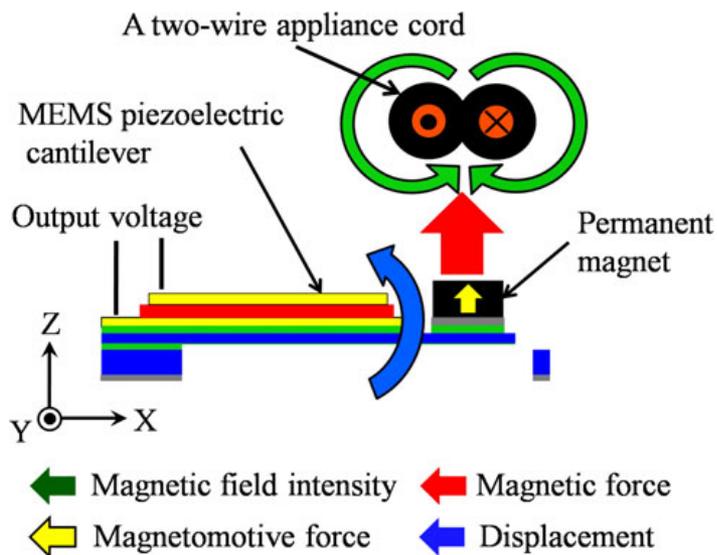
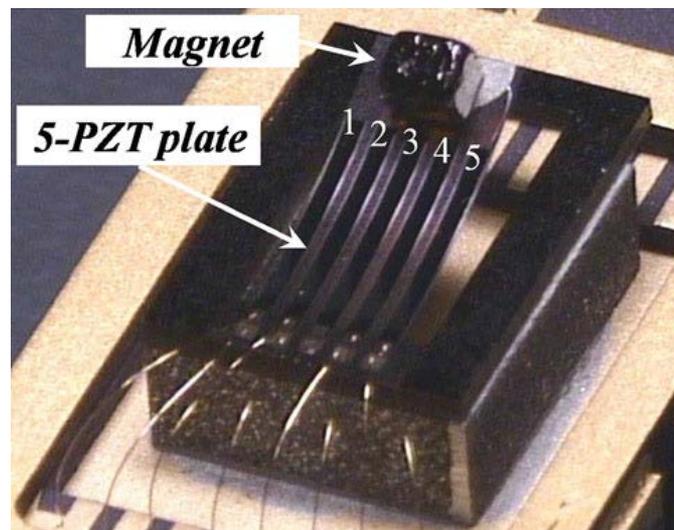
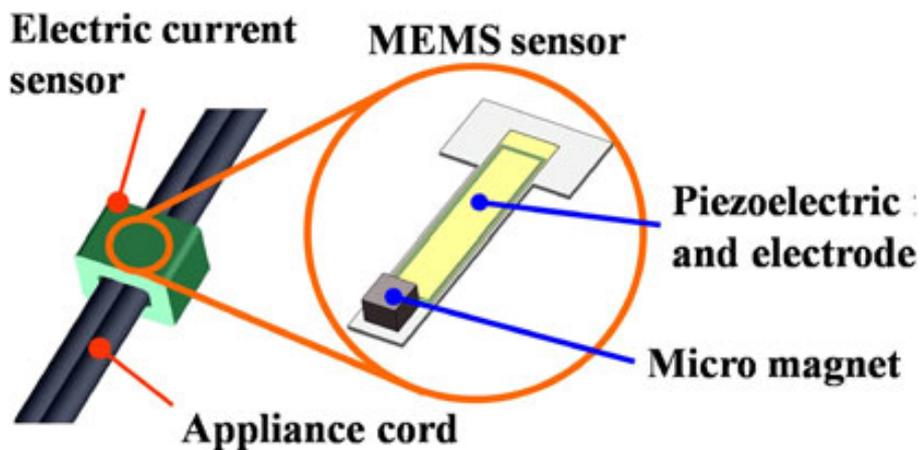
無線センサ起動スイッチ



The switch turned on only when applied pressure level > 10 Pa.

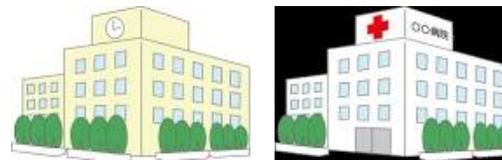


電流センサ

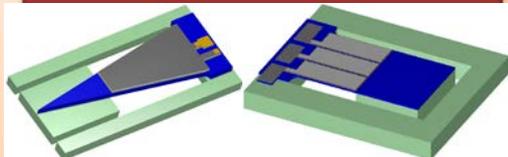


ポンプのモニタリング

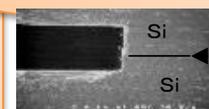
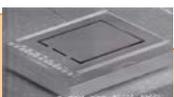
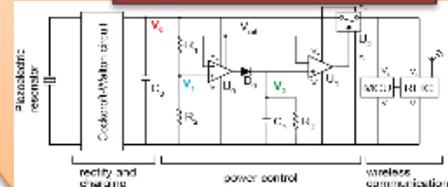
医療機関、地域冷暖房プラント 他



MEMS振動発電センサデバイス

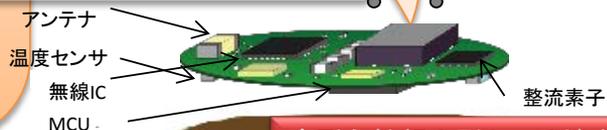


鹿威しセンシング方式



ウェハレベル集積化プロセス

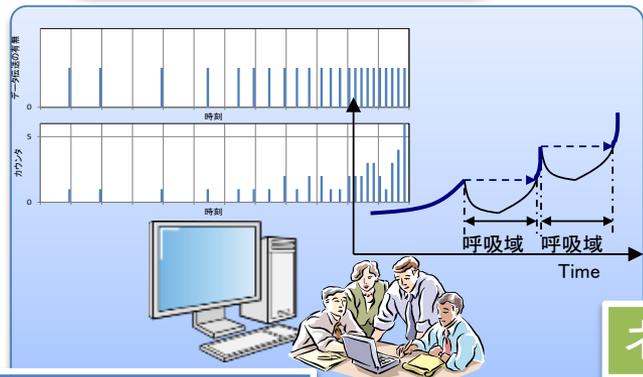
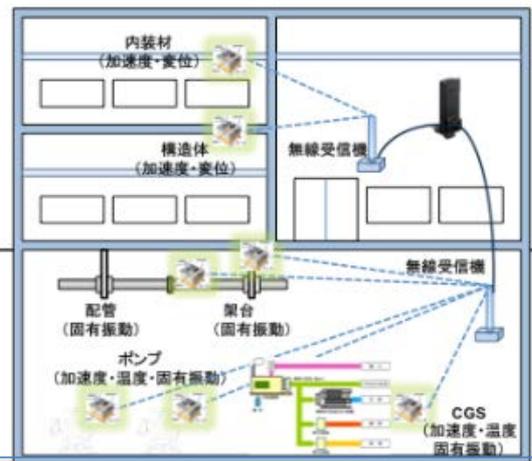
センサ端末の開発



高耐久性超小型センサ端末

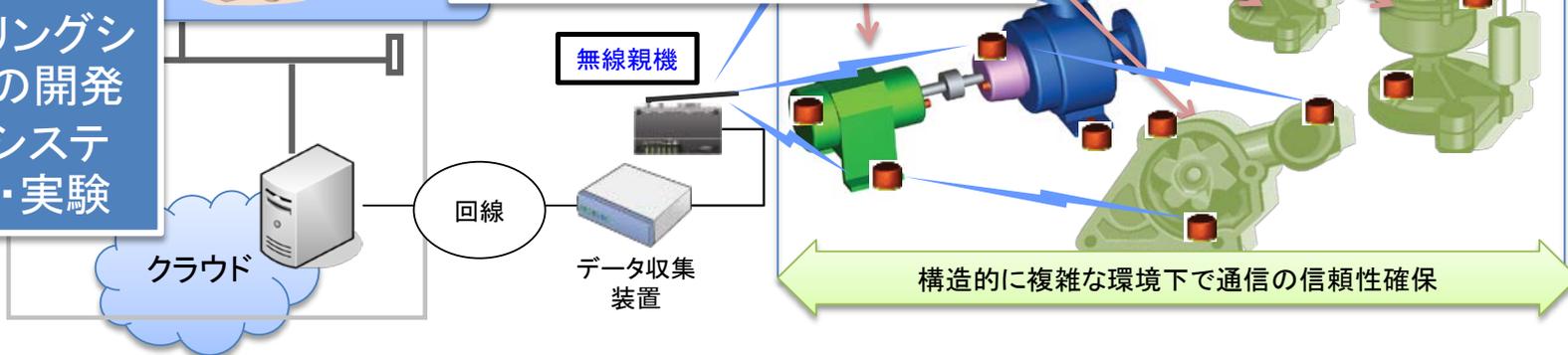


ペットボトルキャップ大



モニタリングシステムの開発と実証システム構築・実験

ネットワークシステムの開発

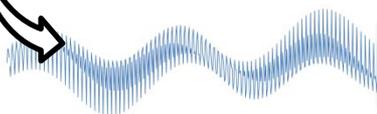


構造的に複雑な環境下で通信の信頼性確保

鹿威し方式による異常判定



時間軸



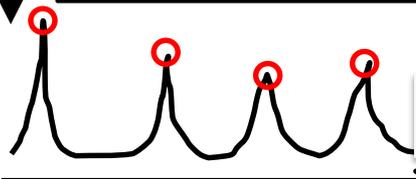
ポンプの振動波形
30Hz~8kHz

1) ADC→送信

通常

- ・データ量 **16000bit**
- ・10分間欠送信で **50uW**

2) 受信機側でFFT

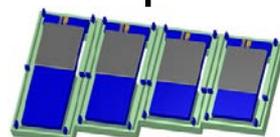


ピークの変化を
モニタリング

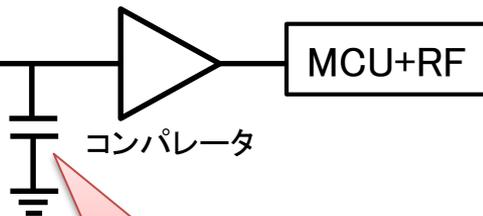
周波数軸

本研究

振動発電デバイスでFFTと同等の結果を取得することで送信データ量を低減する



圧電MEMS振動発電
センサデバイス



蓄電力を送信に使用

- ・低消費電力化のため振動回数を間引いてカウント
- ・10bit/sampleと仮定するとデータ量 **80bit**→**0.25uW**

送信頻度を
モニタリング

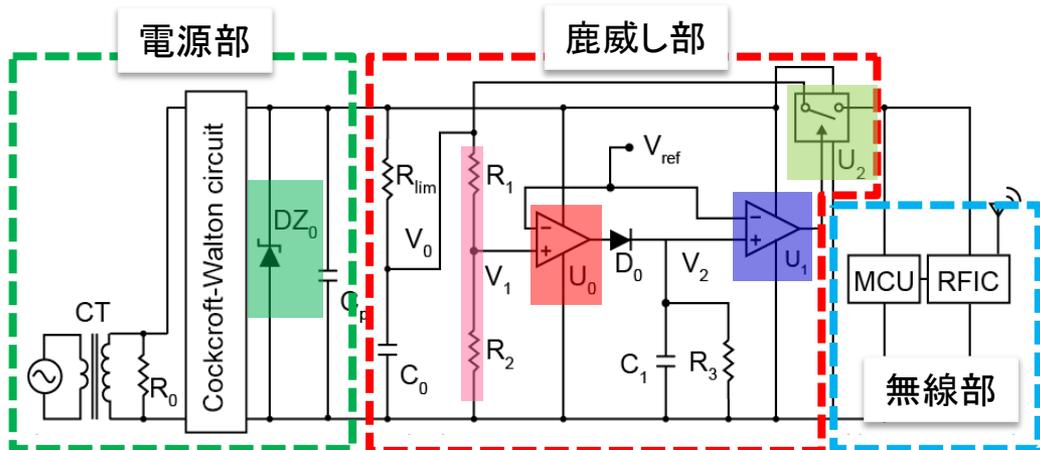
	時間			
	1:00	2:00	3:00	4:00
30Hz	30	31	29	20
1kHz	5	6	5	11
2kHz	7	7	7	20
4kHz	13	15	14	31
8kHz	5	5	4	15

異常発生

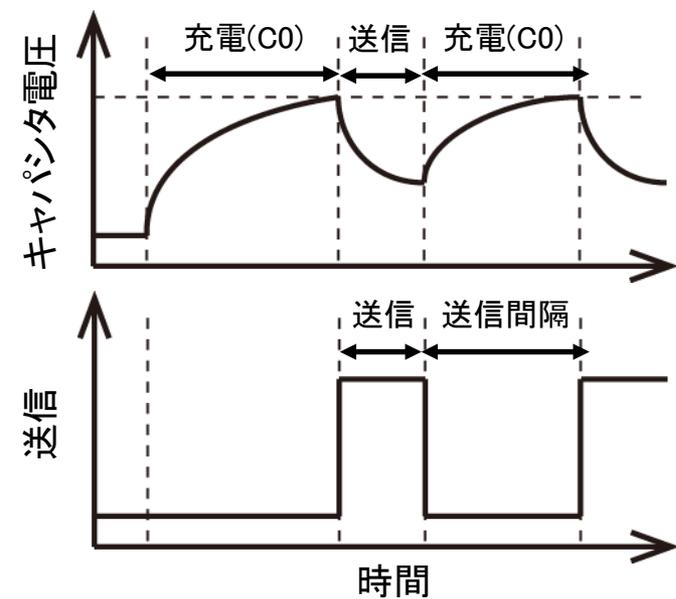
送信頻度と故障を
対応づけることで
さまざまな異常を判定

- ・圧電MEMS振動発電デバイスの高出力化
- ・鹿威し回路の低電力化

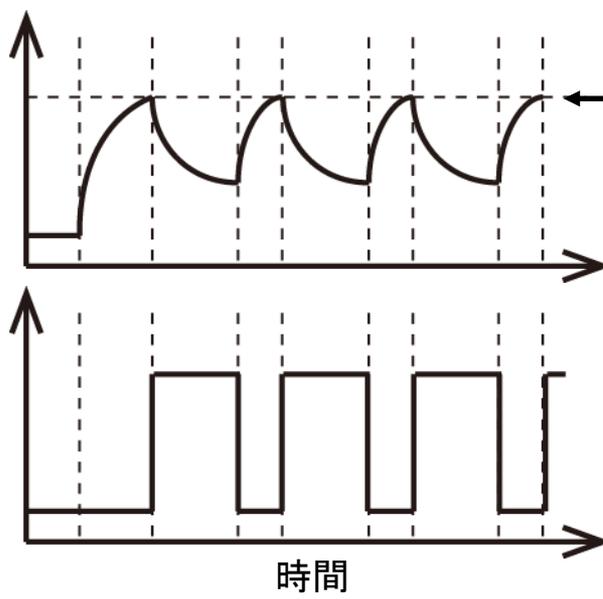
鹿威し回路の構成



マクロ発電素子での鹿威し回路動作

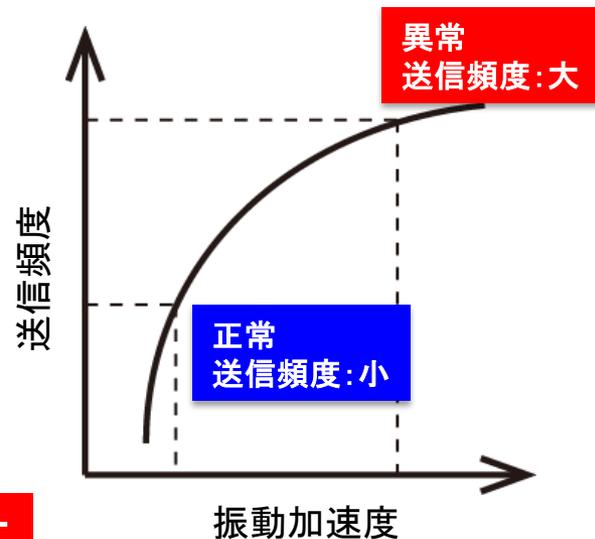


振動加速度:小⇒送信頻度:小



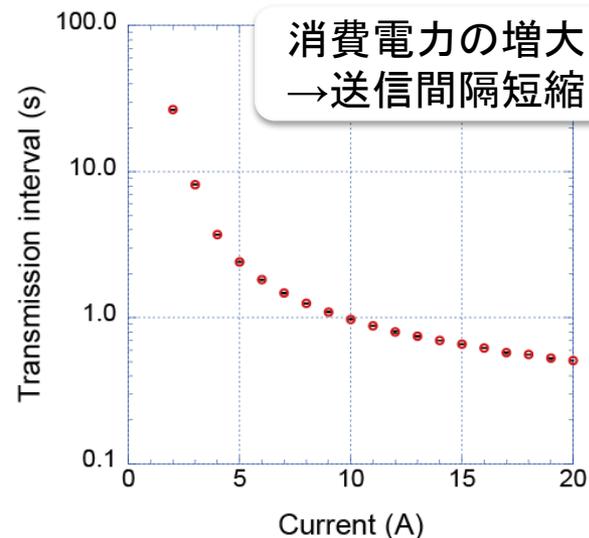
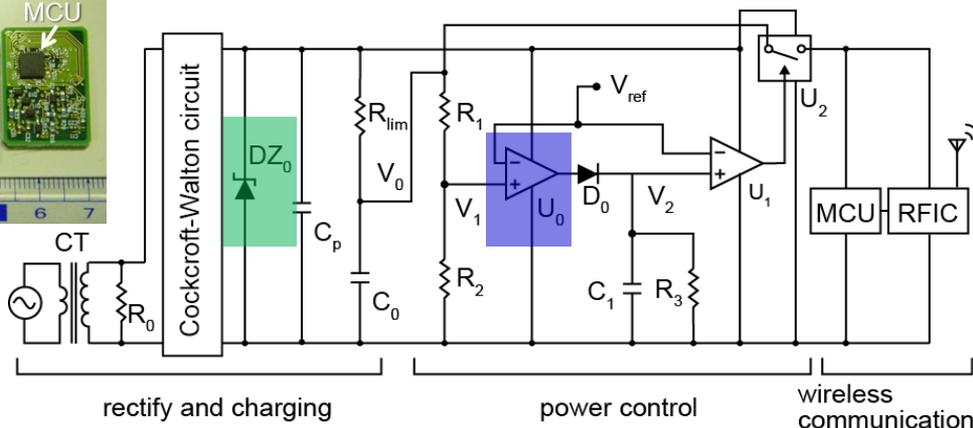
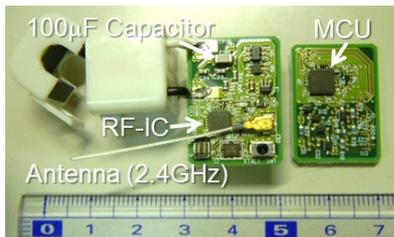
振動加速度:大⇒送信頻度:大

鹿威し閾値(V_{ref})



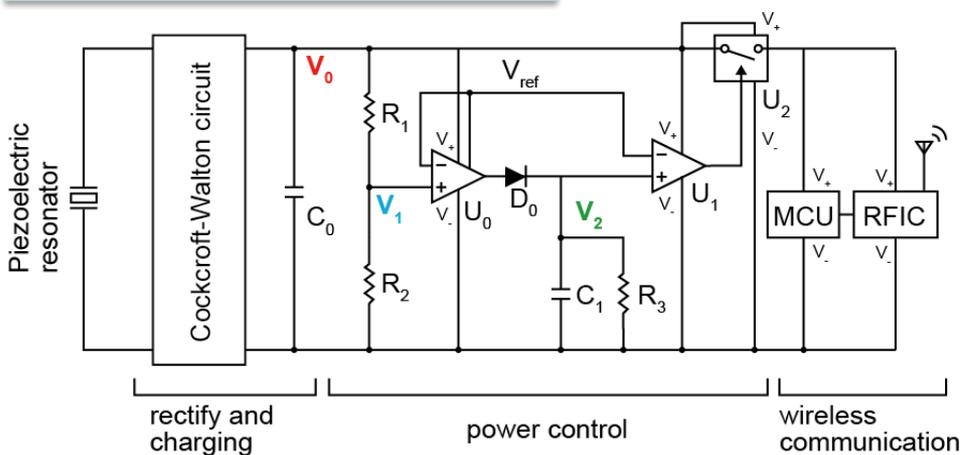
鹿威し回路の低電力化

電流センサ+鹿威し回路



H. Okada et al., *Wireless Sensor Network 5* (2013) 223

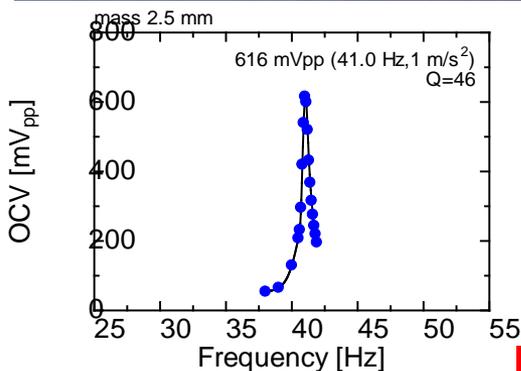
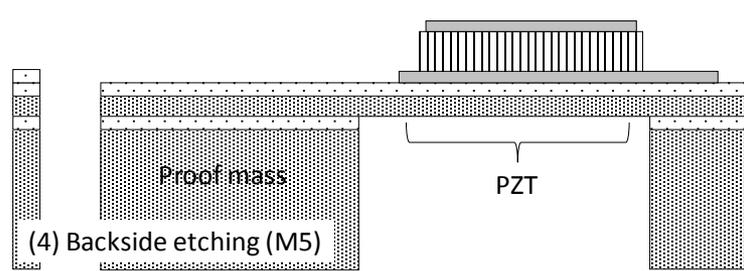
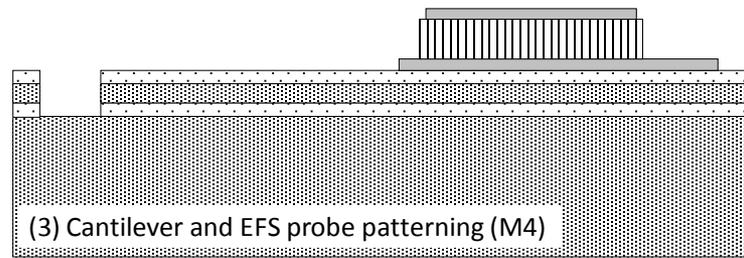
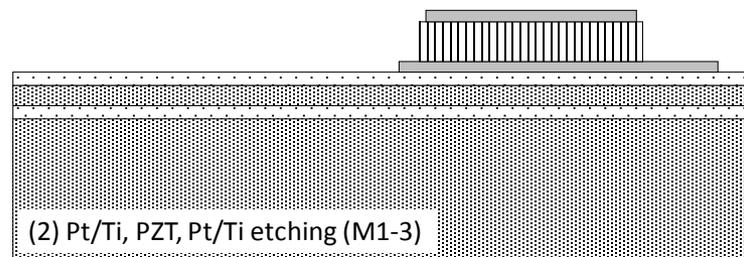
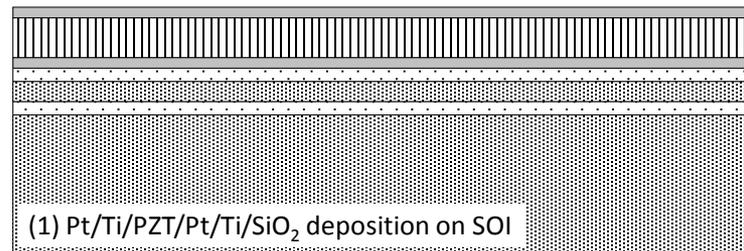
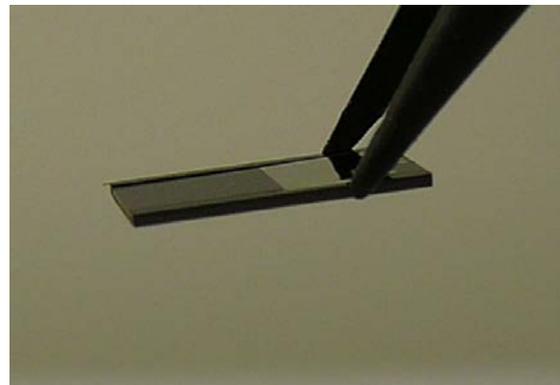
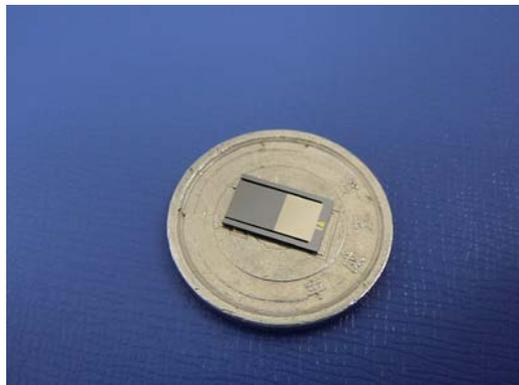
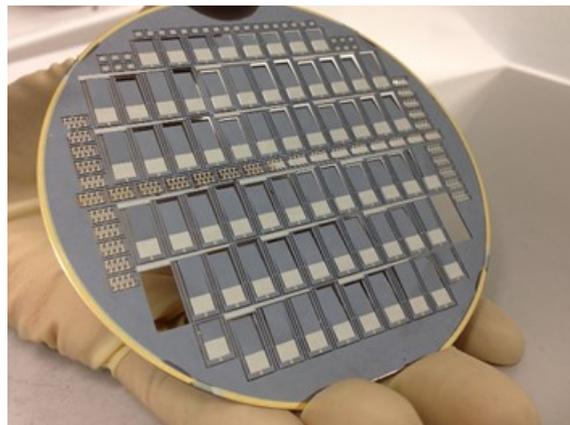
低消費電力化に向けた検討



2V駆動	従来[μ A]	今回[μ A]
過電圧防止回路:DZ0	1	0
コンパレータ:U0	0.34	0.01
参照電圧付コンパレータ:U1	0.23	0.23
分圧抵抗 R1+R2	0.1	0.1
合計	1.67 3.3 μ W	0.34 0.68 μ W

過電圧保護防止回路の省略、コンパレータの低電力化
→ 消費電力: 2 V、0.68 μ W @ 20~40 Hz

圧電MEMS振動発電デバイスの性能



1m/s ²	AC [mVpp - nW]	DC [mV - nW]
2mm	240 - 153	76 - 17.5
2.5mm	318 - 186	124 - 27.5
3.5mm	566 - 208	148 - 33.2

T. Kobayashi et al., Proc. Power MEMS 2014

現状: 100 mV、0.03 μW < 目標: 2 V、0.68 μW

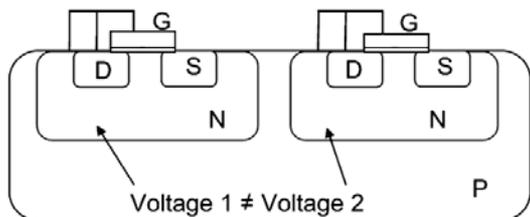
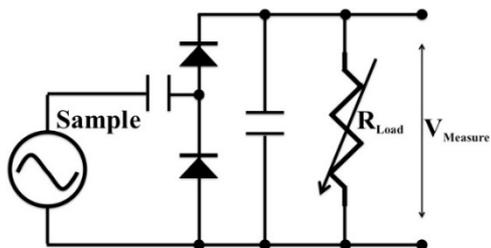
発電性能向上に向けて

圧電材料

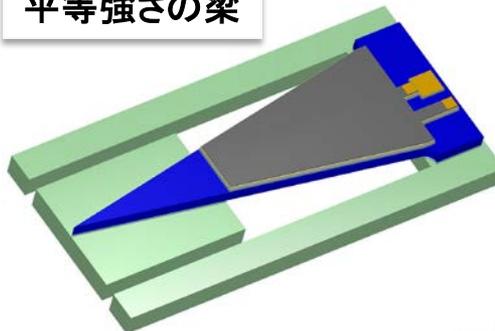
	PZT	AlN	ScAlN
$-d_{31}$ [pm/V]	100	2	14
ϵ_r	1500	10	16
E [GPa]	70	350	250
$d_{31}/\epsilon \propto V$	0.1 V	0.3 V	1.3 V
$E \cdot d_{31}^2/\epsilon \propto P$	0.03uW	0.01uW	0.2uW

$$P = m\omega_0^3 \delta^2 \frac{9t_{piezo} E_{piezo} d_{31}^2}{16t_{Si} \epsilon_0 \epsilon_r}$$

ダイオード低損失化

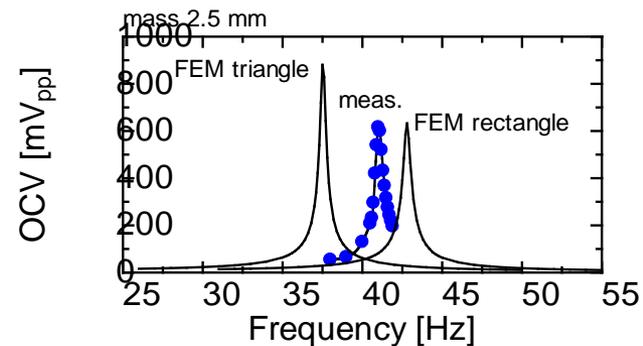
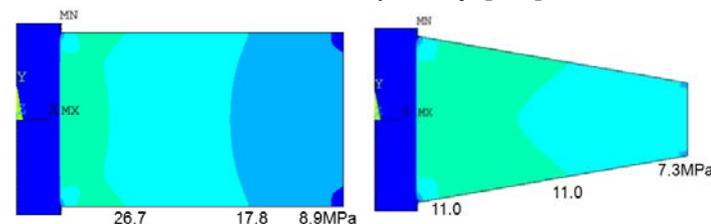


平等強さの梁

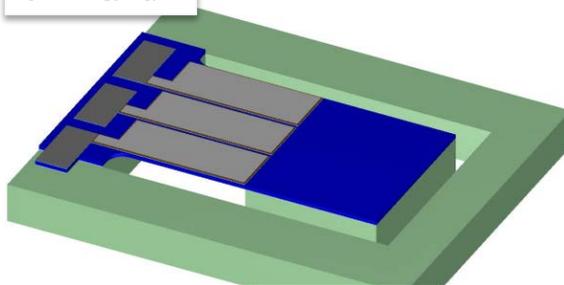


FEMシミュレーション結果

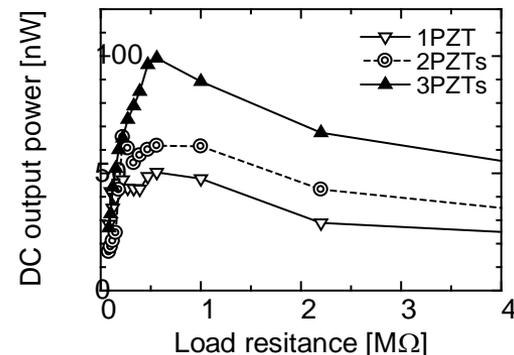
- 2倍程度の電力向上を
- 応力分散により破損しにくくなる



直列接続



直列接続により電圧、電力共に2倍向上



圧電材料、構造最適化、ダイオード低損失化、直列接続により、目標値2V-0.68uWをクリアできる見込み