



小型・低消費電力を実現するグリーンMEMSセンサの開発

センサネットワーク用 VOC（揮発性有機化合物） 濃度センサの開発

オリンパス株式会社
白石 直規



NMEMS 技術研究機構



OUTLINE

1. 背景と目的
2. 開発項目と目標
3. 開発の成果
4. ネットワーク・応用分野
5. まとめ

1. 背景と目的

◆VOCとは

- VOC(volatile organic compounds、揮発性有機化合物)とは、有機溶剤の総称である。

VOCは健康被害を引き起こす

→ 法律による規制

建築基準法

環境基本法

労働安全衛生法

VOCは工場では必須の物質

ポンプ・ファン(排気システム)でVOCを許容濃度以下に保つ

◆許容濃度

	OSHA(米国安全衛生局)-PEL
Toluene	200 ppm
Octane	300 ppm
Ethanol	1000 ppm



NMEMS 技術研究機構



1. 背景と目的

◆工場のジレンマ

作業員の安全の確保



工場の運用コストの低減

生産設備の節電メニュー	節電効果
・不要又は待機状態にある電気設備の電源オフ及びモーター等の回転機の空転防止を徹底する。	-
・電気炉、電気加熱装置の断熱を強化する。 (節電効果：保温施工の実施例)	7%
ユーティリティ設備の節電メニュー	
・使用側の圧力を見直すことによりコンプレッサの供給圧力を低減する。 (節電効果：単機における0.1MPa低減時)	8%
・コンプレッサの吸気温度を低減する[設置場所の室温と外気温を見合いする]。 (節電効果：単機における吸気温度10℃低減時)	2%
・負荷に応じてコンプレッサ・ポンプ・ファンの台数制御を行う。 (節電効果：コンプレッサ5台システムでピーク負荷60~80%の場合)	9%
・インバータ機能を持つポンプ・ファンの運転方法を見直す。 (節電効果：弁の開閉状態の確認・調整によりインバータ機能を活用し全圧が80%となった場合)	15%
・冷凍機の冷水出口温度を高め設定し、ターボ冷凍機・ヒートポンプ等の動力を削減する。 (節電効果：利用側の状況を確認しながら7℃→9℃へ変更した場合)	8%

節電メニューと節電効果(経済産業省)

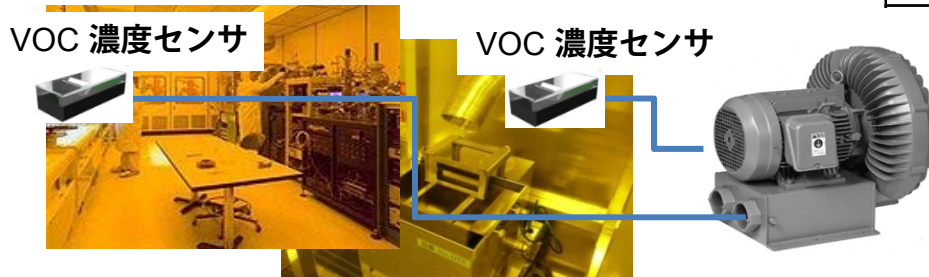
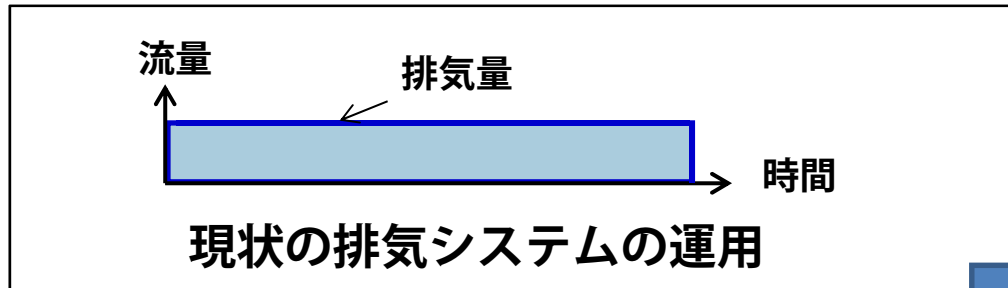


NMEMS 技術研究機構

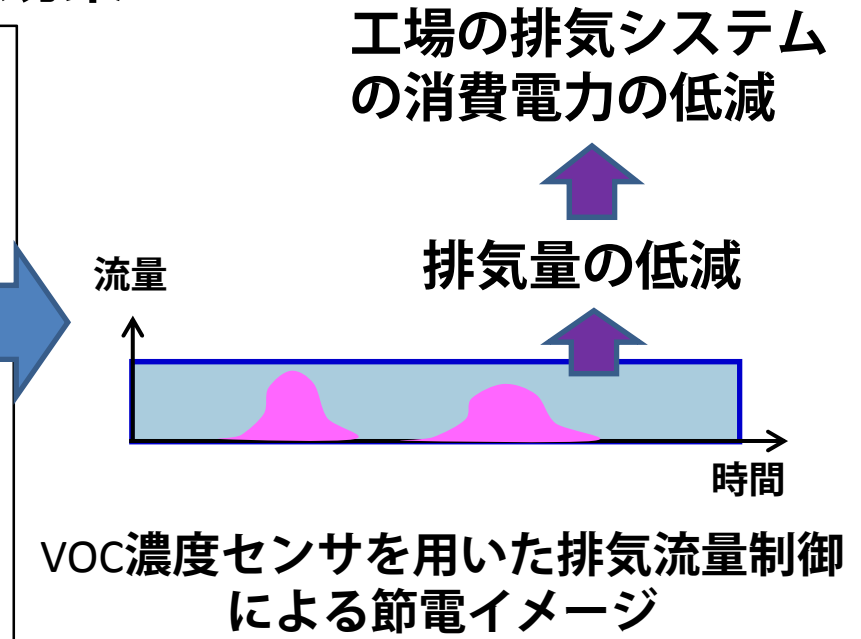


1. 背景と目的

◆ VOCモニタリングにより予想される効果



VOC濃度センサによる工場環境モニタリングのイメージ



1. 背景と目的

◆センサネットワーク用VOC濃度センサが提供する価値

工場の運用コスト低減と作業員の安全確保の両立

◆工場の運用コスト、コスト低減策、構成要素の関係

工場の運用コスト	コスト低減策	構成要素
工場の排気システムの消費電力	VOCモニタリング	VOC濃度センサ
メンテナンス費	自立電源	太陽電池
センサ導入コスト	無線通信	無線端末

◆VOC濃度センサの開発思想

小型、低消費電力、低環境負荷“グリーン”なプロセスで作製



NMEMS 技術研究機構

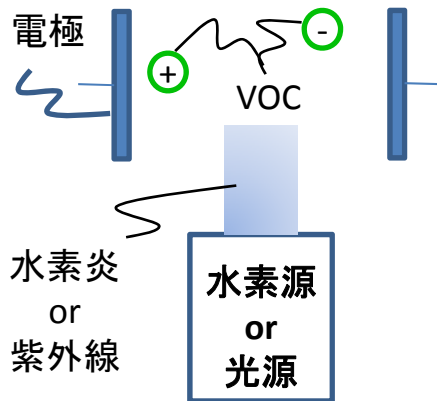


1. 背景と目的

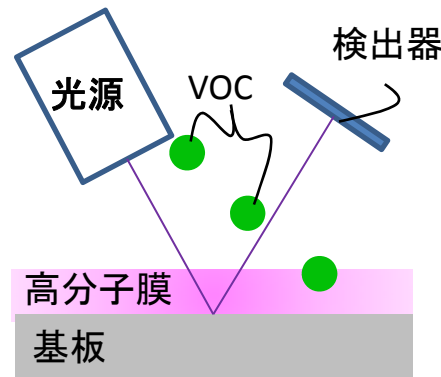
◆センシング法の比較

センシング法

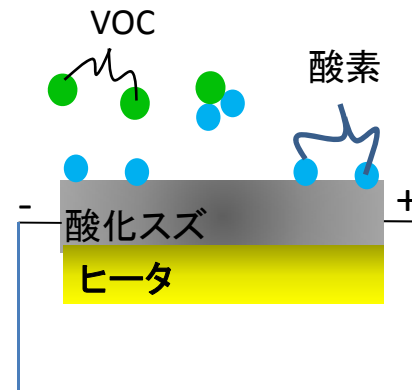
センサ	センサ原理	小型化	低消費電力化 (太陽電池駆動可否)
①イオン化式センサ	イオン化したVOCの電荷量を検出	×	×
②干渉増幅反射式センサ	高分子膜の膜厚・屈折率の変化量を光の反射と干渉により検出	×	×
③熱抵抗式センサ	金属酸化物半導体(MOS)の抵抗の変化を検出	○	×
④共振式センサ	振動子の共振周波数の変化を検出	○	○



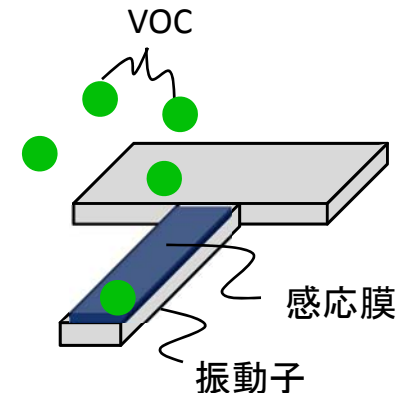
①イオン化式センサ



②干渉増幅反射式センサ



③熱抵抗式センサ



④共振式センサ



NMEMS 技術研究機構

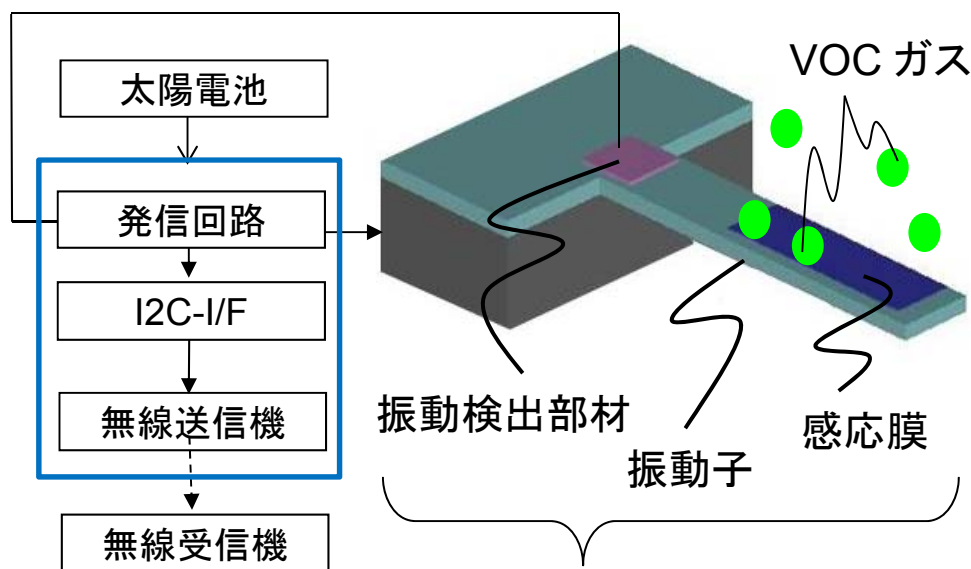


1. 背景と目的

◆テーマの目的

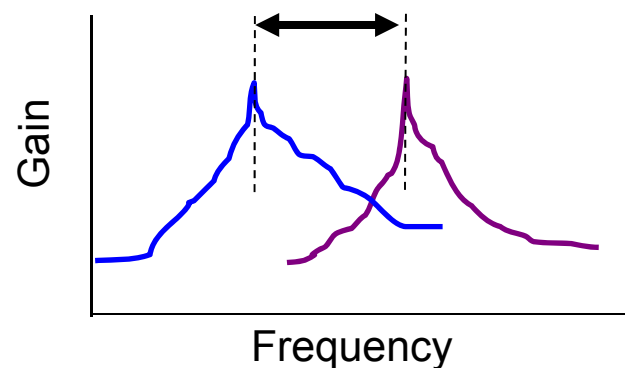
低環境負荷“グリーン”なプロセスを実現する
ポリマーを用いた共振式VOC濃度センサを開発する。

➤ センサの構成



➤ センサのVOC検出原理

VOCガスの吸着, リリースによる
共振周波数がシフトを検出



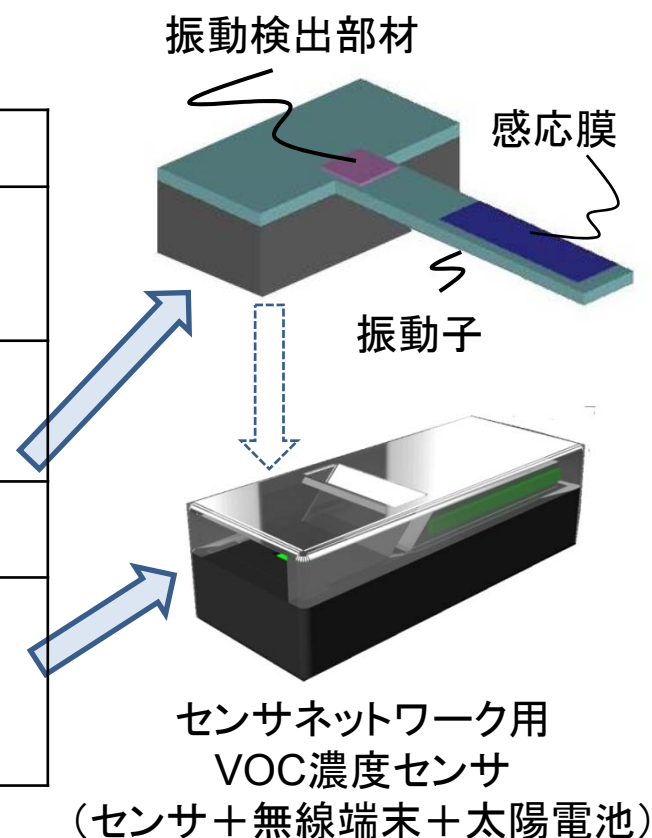
ポリマー →

利点: 低環境負荷“グリーン”なプロセスを実現

2. 開発項目と目標

➤ 開発項目と目標

	開発項目	目標
H23	1)ポリマー振動子の開発	共振周波数:500kHz以上 Q値:100以上
H24	2)VOC濃度センサの開発	ポリマーを用いた共振式VOC濃度センサの開発
H25		VOC検出性能:許容濃度以下
H26	3)センサネットワーク用VOC濃度センサの開発	サイズ:20mm(L)×50mm(W) 平均消費電力:100μW以下



- 特願2013-172635, “ガスセンサ”
- 特願2015-023039, “ガスセンサ”
- “Fabrication and Testing of Polymer Cantilevers for VOC Sensors”, Sensors and Actuators A Physical Vol. 202 (2013), 233–239
- “Development of PMMA-based gas sensor and its evaluation using a VOC dilution flow system”, Microelectronic Engineering Vol. 119 (2014), 115–121
- “Basic characteristics of polycarbonate-based dual cantilever sensors for detecting VOC”, JSME Mechanical Engineering Journal Vol.1 No.5 (2014), 14-00187



NMEMS 技術研究機構

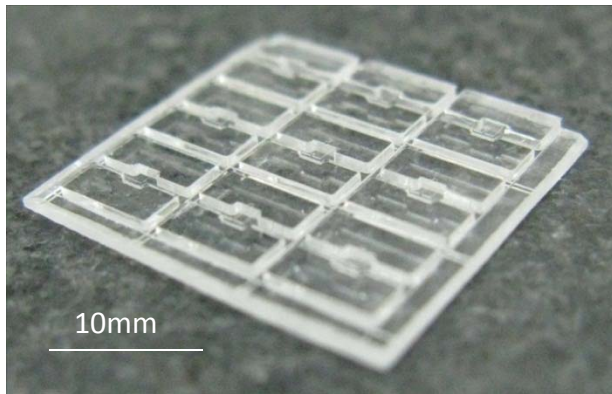


3. 開発内容の成果 1) ポリマー振動子の開発

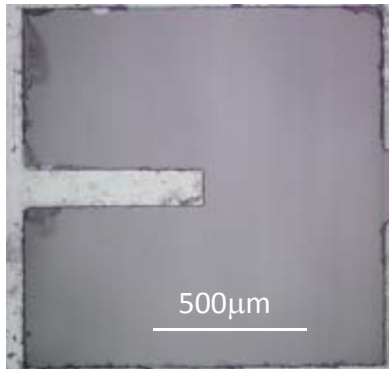
目標: 共振周波数: 500kHz以上、Q値: 100以上

手段: ホットエンボスによる小型ポリマーカンチレバーの加工→振動特性の評価

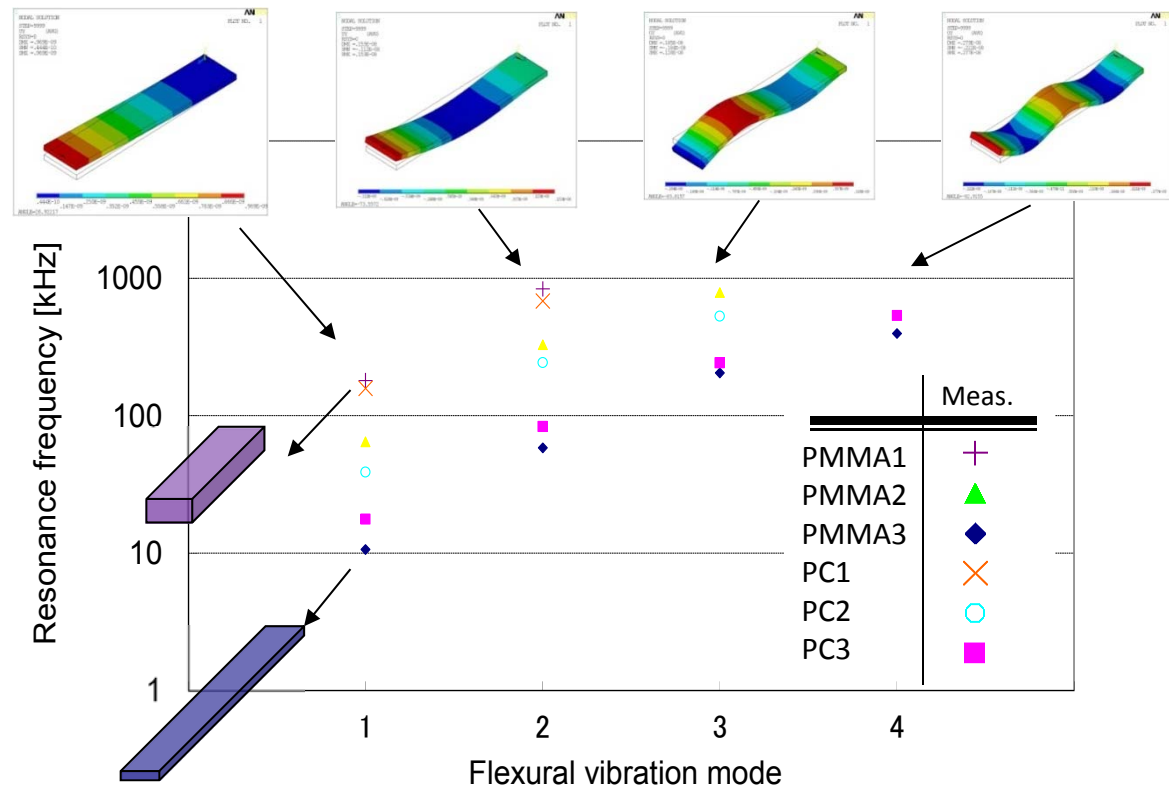
成果: 共振周波数500kHz以上のポリマーカンチレバー振動子を実現



ポリマーカンチレバーチップアレイ



PMMAカンチレバー (PMMA3)



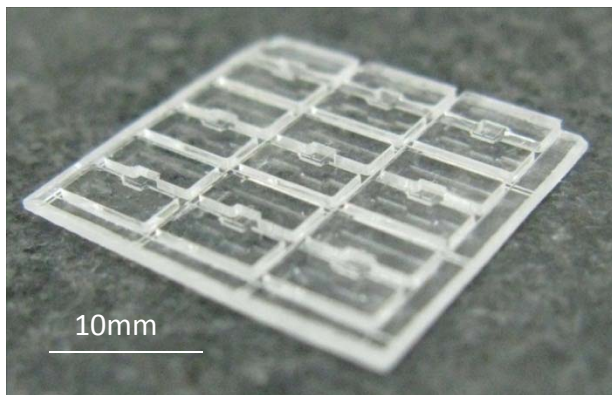
PMMA、PCカンチレバーの曲げ振動モードと共振周波数

3. 開発内容の成果 1) ポリマー振動子の開発

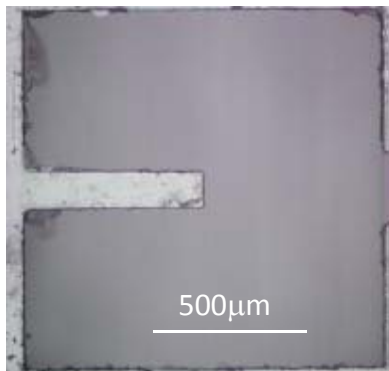
目標: 共振周波数: 500kHz以上、Q値: 100以上

手段: ホットエンボスによる小型ポリマーカンチレバーの加工 → 振動特性の評価

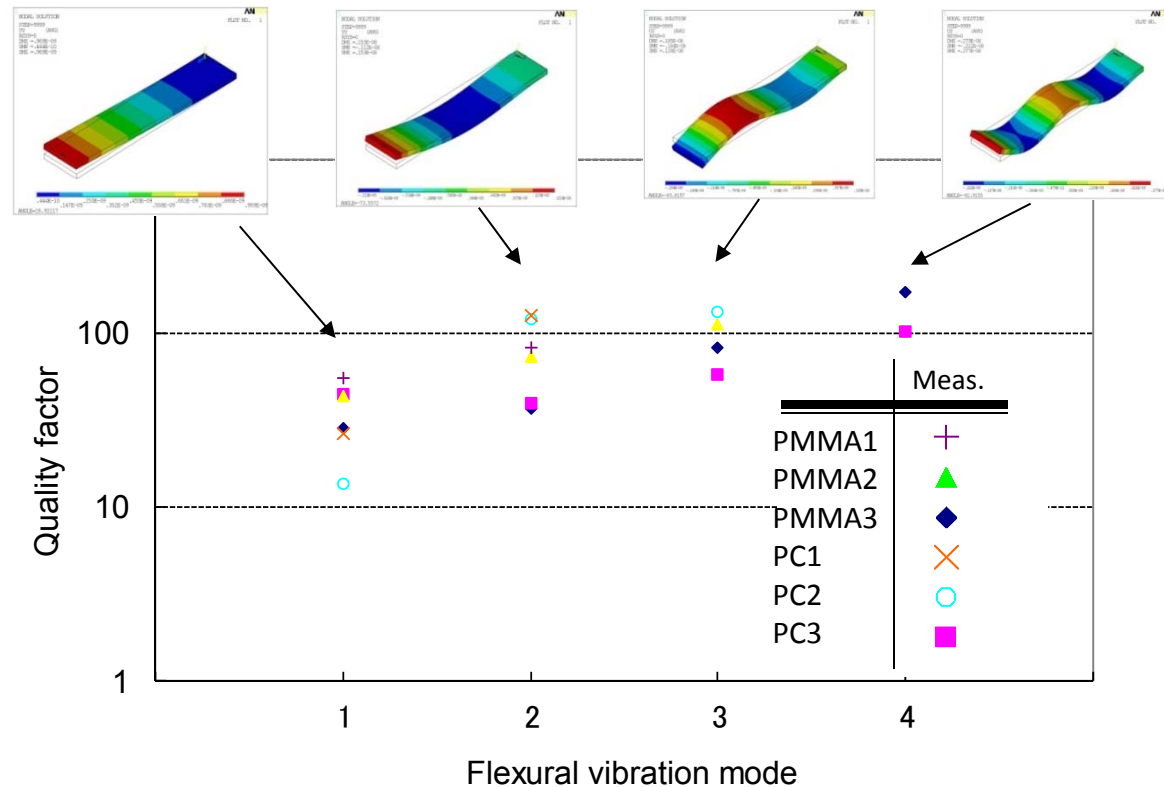
成果: Q値100以上のポリマーカンチレバー振動子を実現



ポリマーカンチレバーチップアレイ



PMMAカンチレバー (PMMA3)



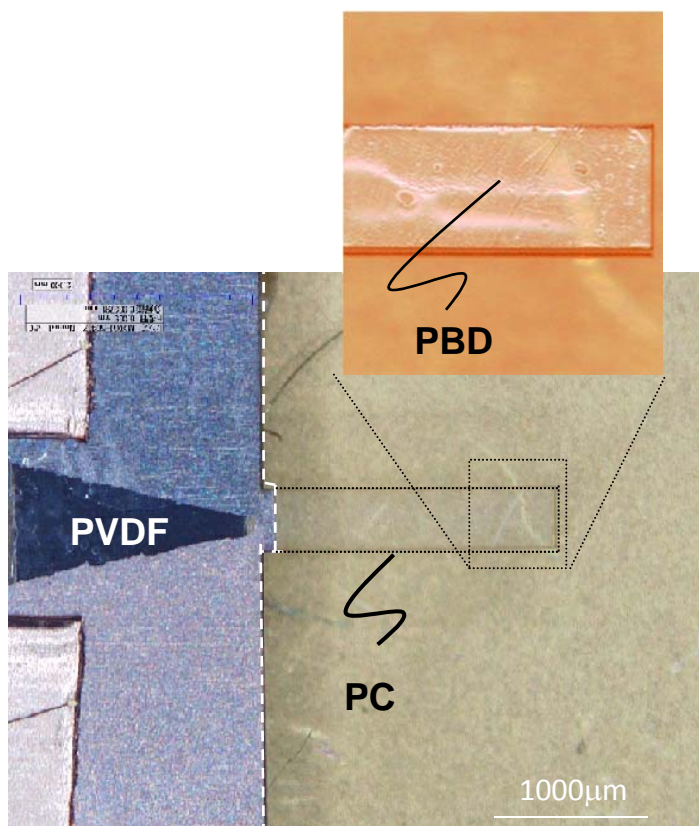
PMMA、PCカンチレバーの曲げ振動モードとQ値



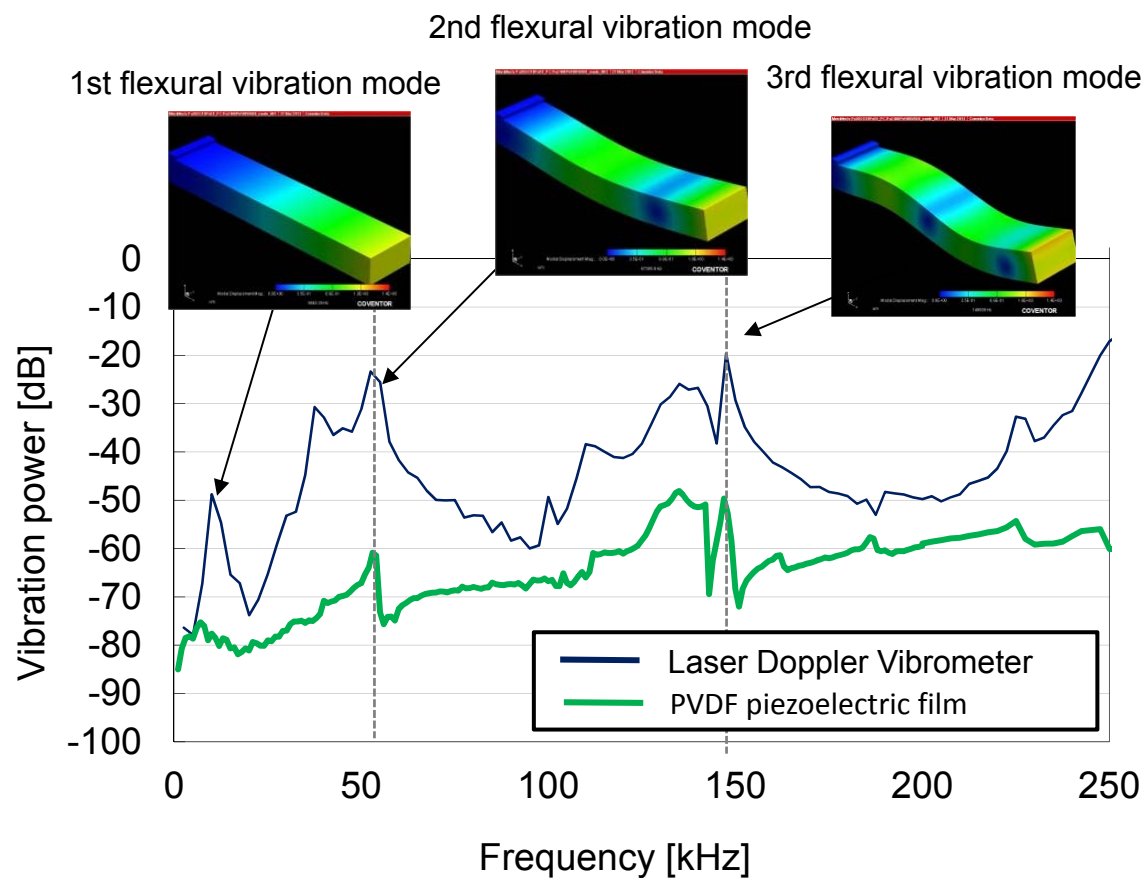
3. 開発内容の成果 2) VOC濃度センサの開発

目標: ポリマーを用いた共振式VOC濃度センサの開発

成果: 振動子, 振動検出部材, 感応膜にポリマーを用いる構成とした低環境負荷なプロセスを実現するVOC濃度センサを開発



PCカンチレバー部の拡大図



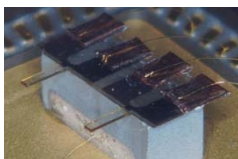
ポリマーを用いた共振式VOC濃度センサの周波数応答



3. 開発内容の成果 2) VOC濃度センサの開発

目標:VOC検出性能:許容濃度以下

成果:流量100sccm、180秒という条件でトルエン、オクタン、エタノールの許容濃度(OSHA-PEL)を検出可能なVOC濃度センサを実現

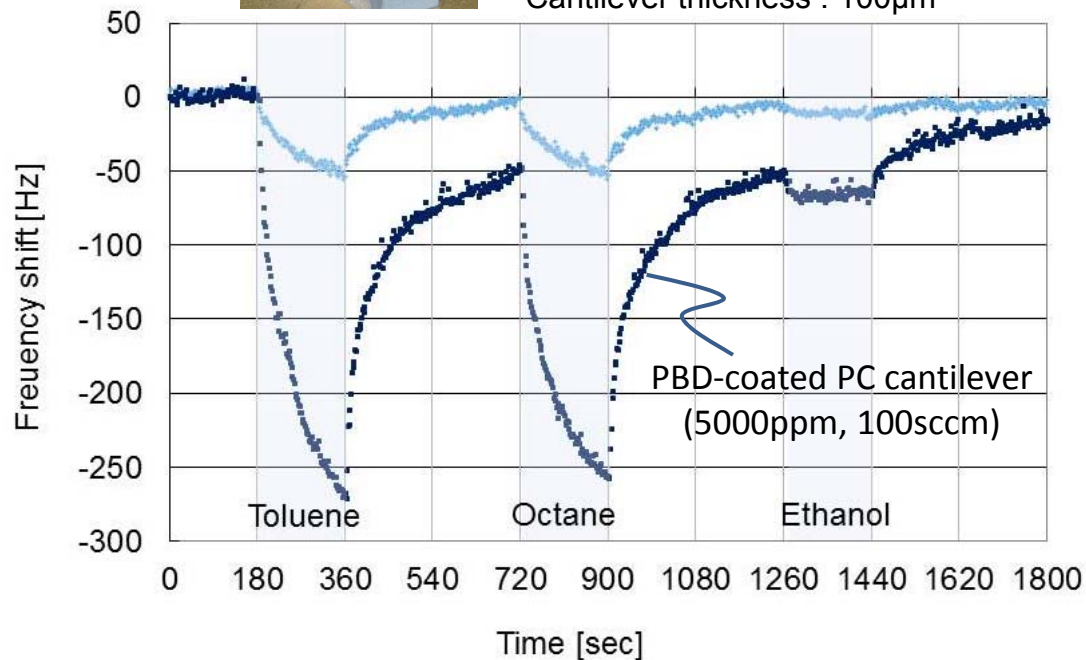


VOC濃度センサ

Cantilever length : 1500 μ m

Cantilever width : 300 μ m

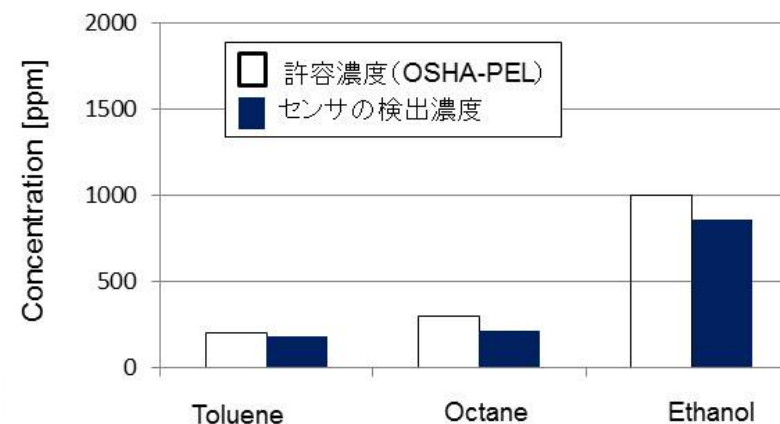
Cantilever thickness : 100 μ m



VOC濃度センサの共振周波数シフト

OSHA(米国安全衛生局)-PEL	
Toluene	200 ppm
Octane	300 ppm
Ethanol	1000 ppm

許容濃度



OSHA-PEL(許容濃度)とセンサの検出濃度の比較



NMEMS 技術研究機構



3. 開発内容の成果 3) センサネットワーク用VOC濃度センサの開発

目標: サイズ: 20mm(L) × 50mm(W)、平均消費電力: 100 μ W以下

成果: サイズ: 20mm(L) × 50mm(W) × 30mm(T), 平均消費電力: 30 μ Wを達成

VOC濃度センサ
モジュール
(オリンパス・信大)

発振回路+I2C-I/F

パッケージ

有機太陽電池

無線端末
(産総研)

有機太陽電池ユニット
(東工大・日清紡)

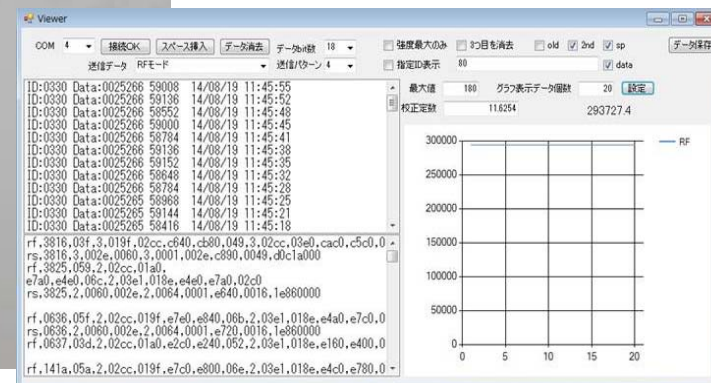
電源ユニット

50mm



VOC濃度センサ

実証検証(局所排気装置)



無線受信データ

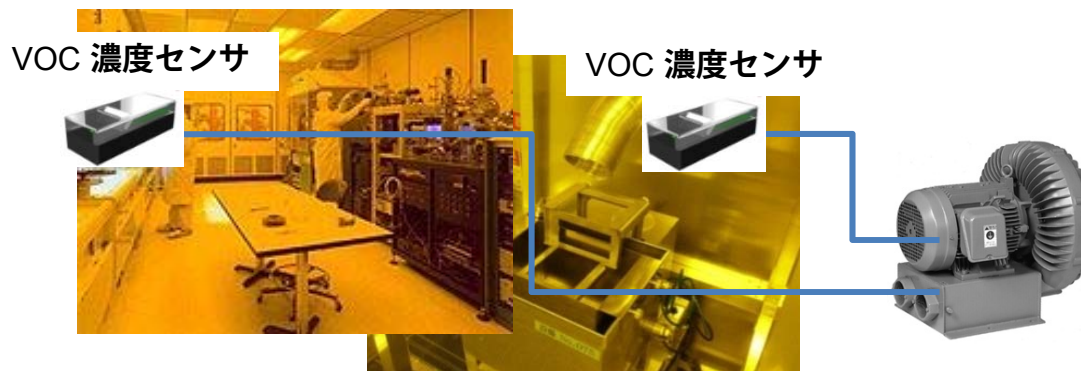


NMEMS 技術研究機構



4. ネットワーク・応用分野

◆工場の環境モニタリング



◆センサネットワーク用VOC濃度センサの強みと要因

強み	要因
小型	共振式VOC濃度センサ
低消費電力	
低環境負荷な製造プロセス	ホットエンボス
メンテナンスフリー	太陽電池
低導入コスト	無線端末



5. まとめ

1. 共振周波数500kHz以上、Q値100以上のポリマーカンチレバー振動子を実現。
2. 振動子、振動検出部材、感応膜にポリマーを用いる構成とした小型、低消費電力、低環境負荷なプロセスで製造可能なVOC濃度センサの開発に成功。
3. 流量100sccm、180秒でトルエン、オクタン、エタノールの許容濃度(OSHA-PEL)を検出可能なVOC濃度センサを実現。
4. 無線端末と太陽電池を搭載したセンサネットワーク用VOC濃度センサを実現。

