

シリコンマイクロ振動子による超小型・低コスト・ 高感度な短波長赤外分光センサ

神戸大学 未来医工学研究開発センター
教授 菅野 公二

2022年10月27日

背景



紫外線

可視光

短波長赤外線

日常生活

食品の腐敗状態や毒性を検出する

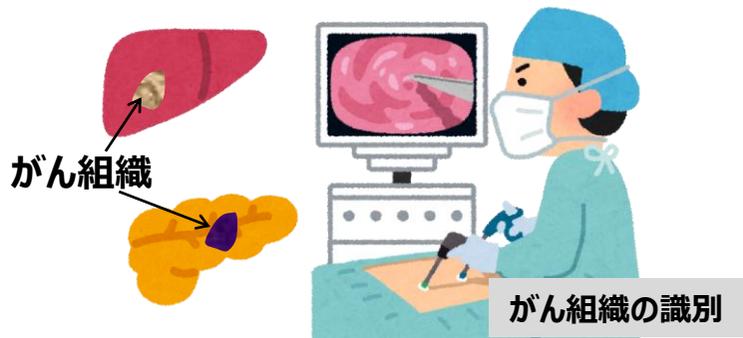


自動車で路面状態を判別する



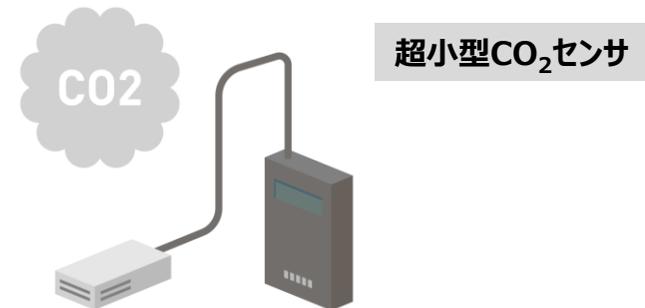
医療

からだの状態を判別する



短波長赤外分光分析+イメージング

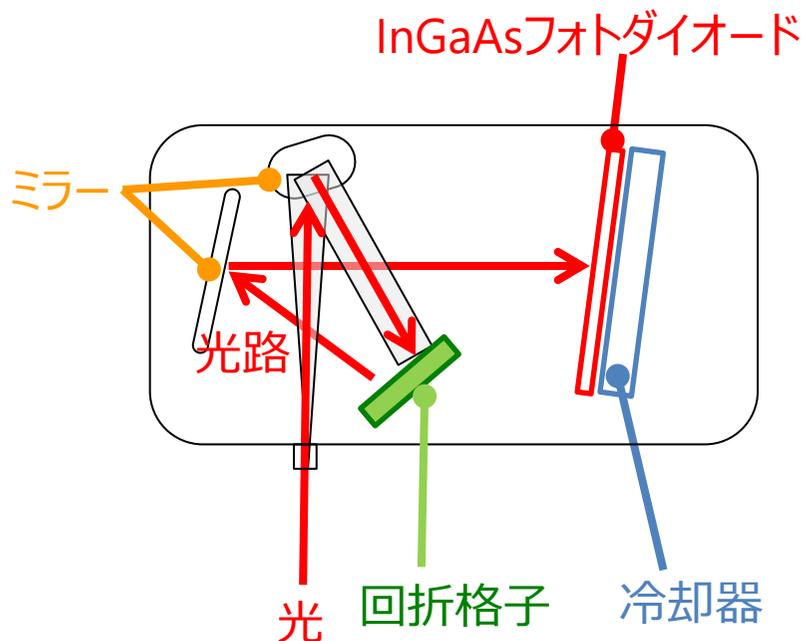
周囲の環境を判別する



中赤外分光分析への応用も期待できる

従来技術とその問題点①

近赤外分光器



近赤外検出器（検出波長帯）



Siフォトダイオード

InGaAsフォトダイオード

課題

- InGaAsフォトダイオード・分光器・冷却器
⇒ 高コスト・大型
- 高感度，小型，低コストな近赤外光検出素子が必要

従来技術とその問題点②

短波長赤外検出器



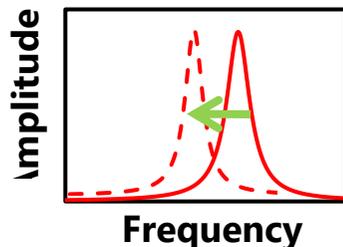
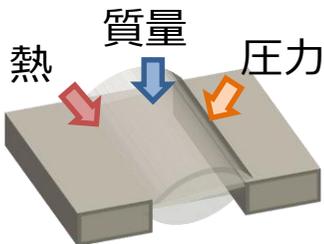
検出型	材料	短波長赤外検出	コスト	備考
フォトダイオード	Si	—	○	可視光・近赤外 (~1100 nm)
フォトダイオード	InGaAs	◎	×	従来型 高コスト・微細化困難
ショットキー	Au/Si界面	△	○	研究段階 低感度 (1200 nm~)
ボロメータ (中赤外)	Si	△	○	低感度@中赤外
振動型	Si	○	○	

課題

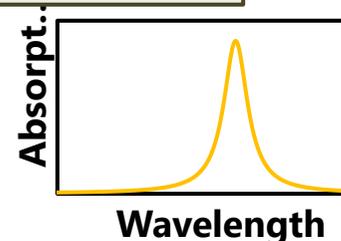
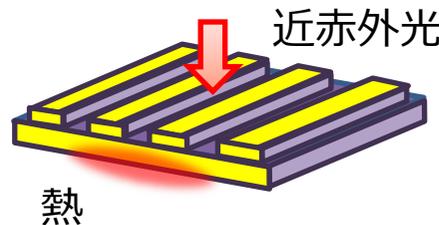
- InGaAsフォトダイオード・分光器・冷却器 ⇒ 高コスト・大型
- 高感度, 小型, 低コストな近赤外光検出素子が必要

新技術の特徴①

シリコン(Si)製MEMS振動子



金(Au)グレーティング構造

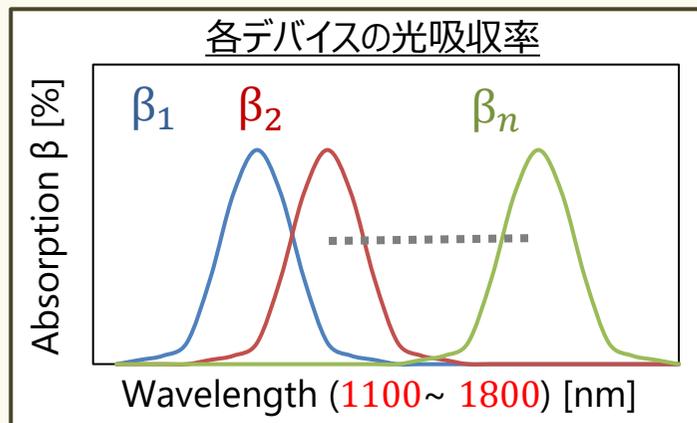
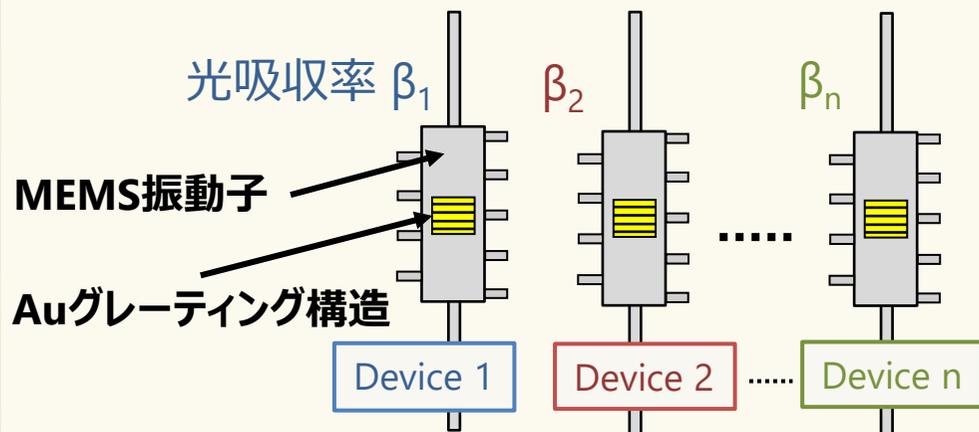


- 低コストなSi素材を使用
- 振動子への応力により共振周波数が高感度に変化

- 表面プラズモン共鳴 (SPR) により高い光熱変換効率を発揮
- 光吸収ピーク波長を構造・寸法により制御可能

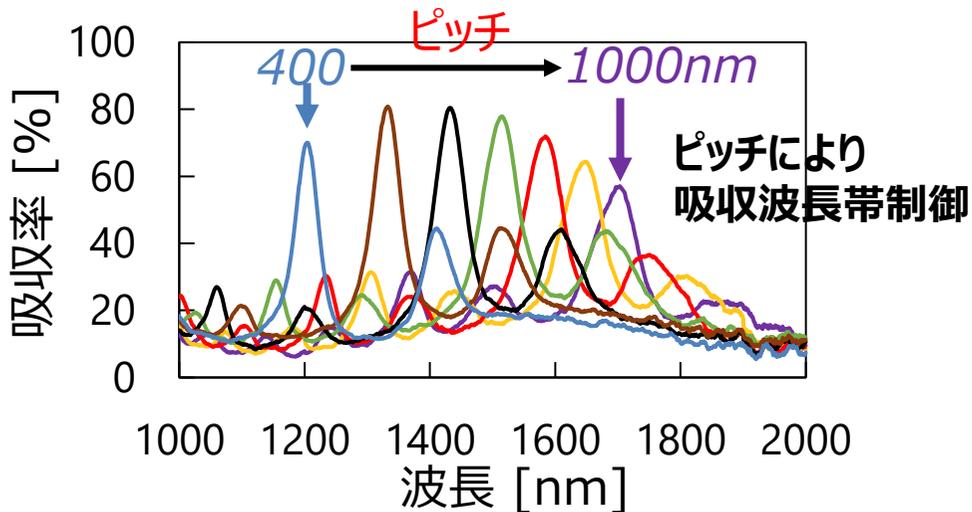
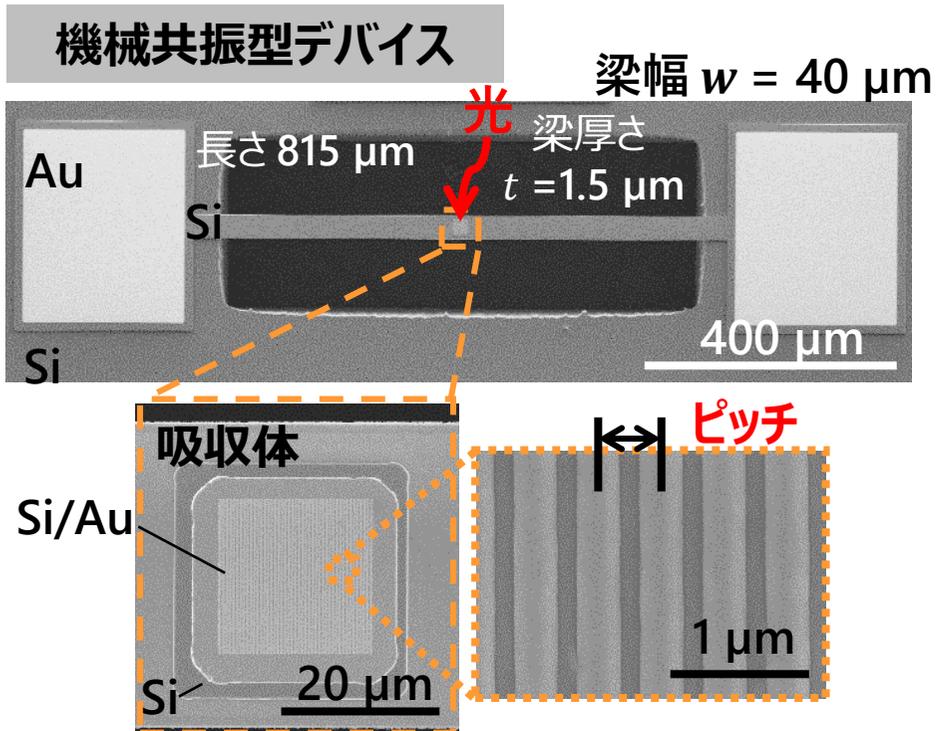


近赤外光吸収体集積静電型マイクロ振動子デバイス

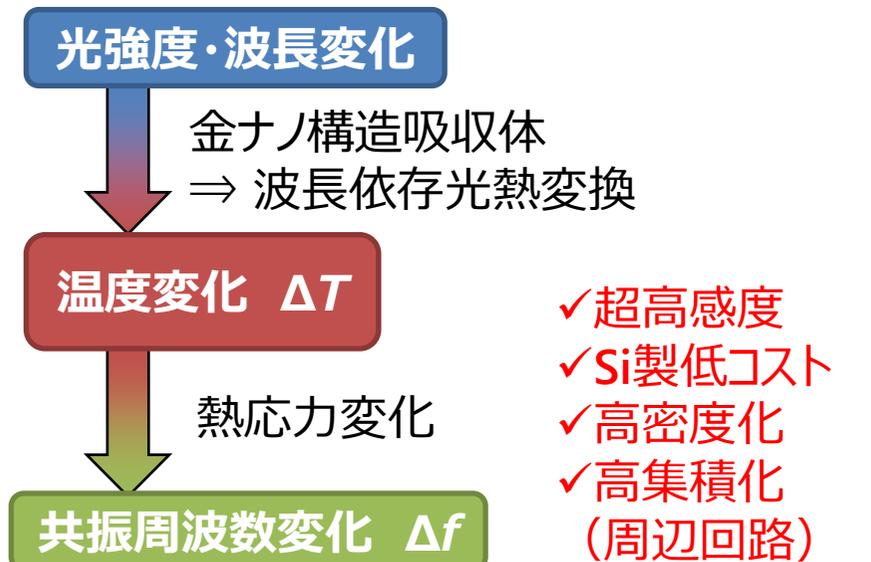


近赤外域において光吸収ピーク波長の異なる複数のデバイスを使用することで
近赤外分光分析への応用が可能

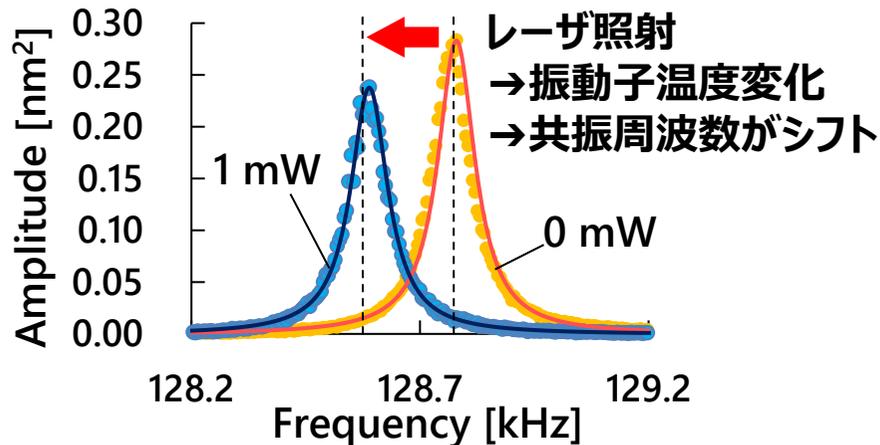
新技術の特徴②



光強度・波長計測原理

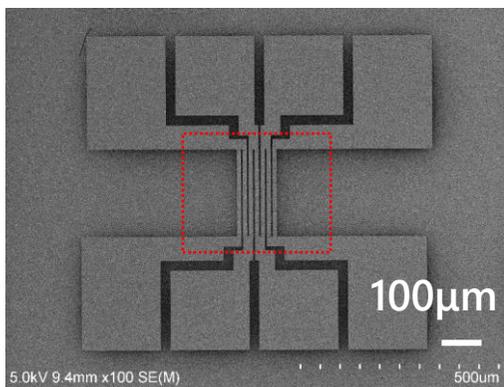


熱入力による共振周波数変化

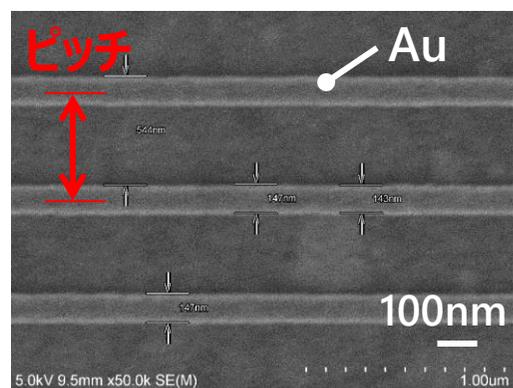
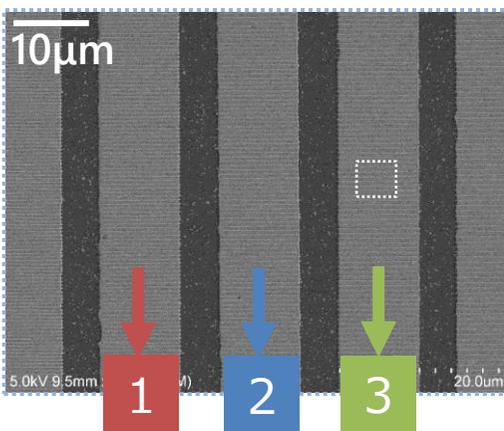
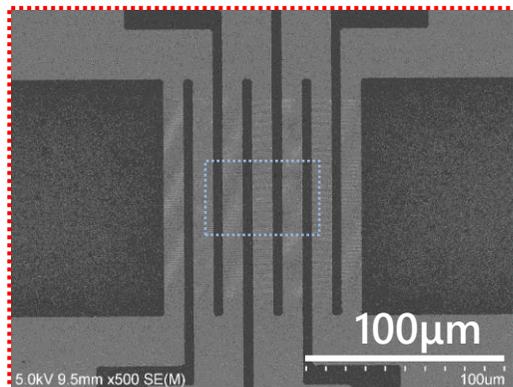


新技術の特徴③

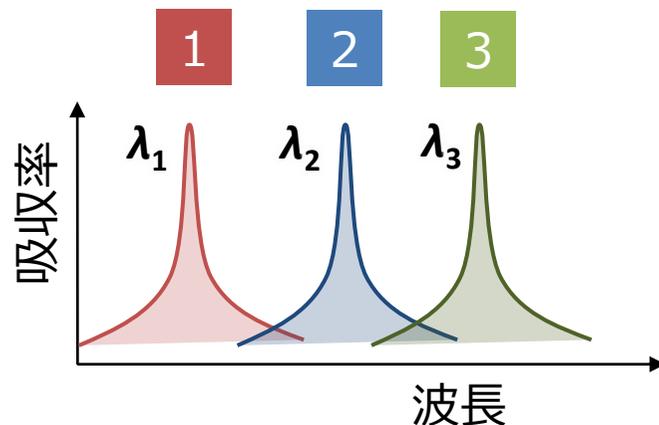
機械共振型デバイス



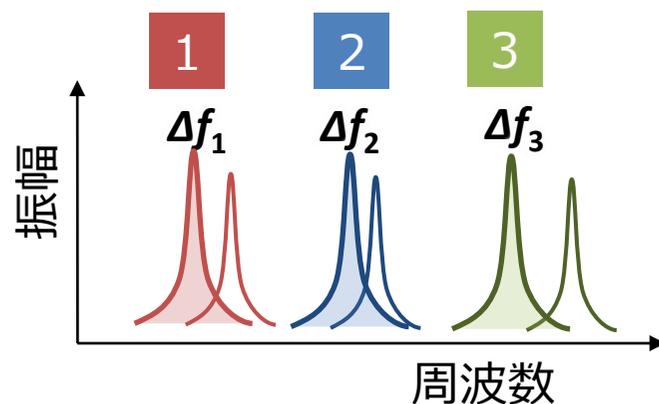
ピッチの異なる（吸収波長帯の異なる）吸収体を搭載



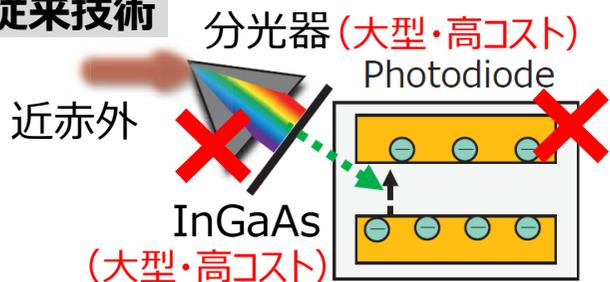
吸収体の吸収スペクトル



振動梁の共振周波数



従来技術

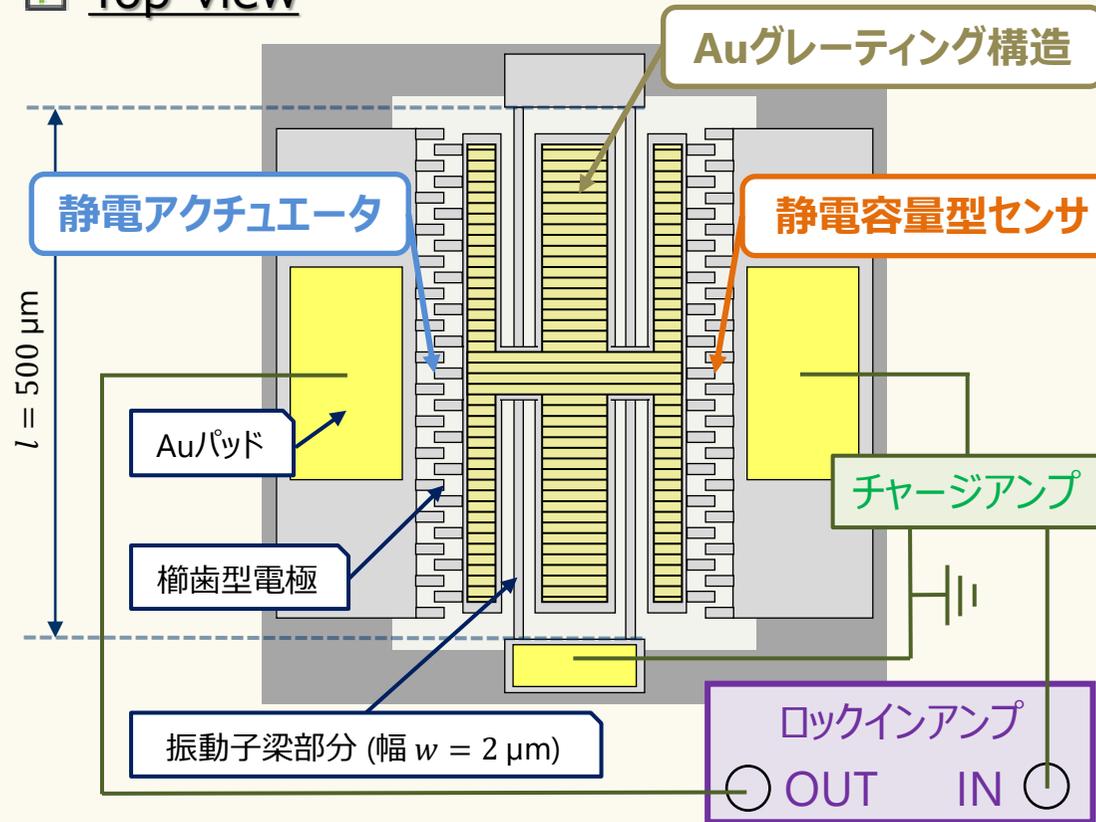


- ✓ 超高感度
- ✓ 小型・低コスト
- ✓ 高精細化
- ✓ 高集積化
- ✓ 高速分光

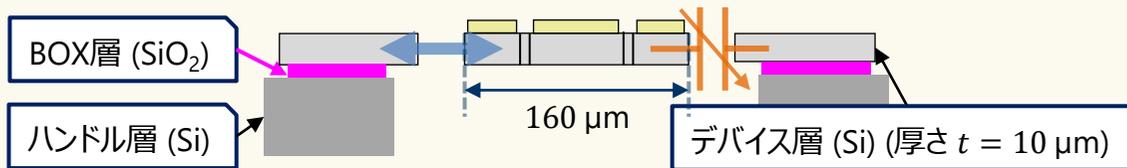
吸収体による吸収波長帯のみを振動子で検出
→ 光のスペクトルを取得可能

新技術の特徴④

Top-view



Cross section



近赤外光検出原理

デバイスへの光入力 P [W]

光熱変換 β [%]

梁の熱応力

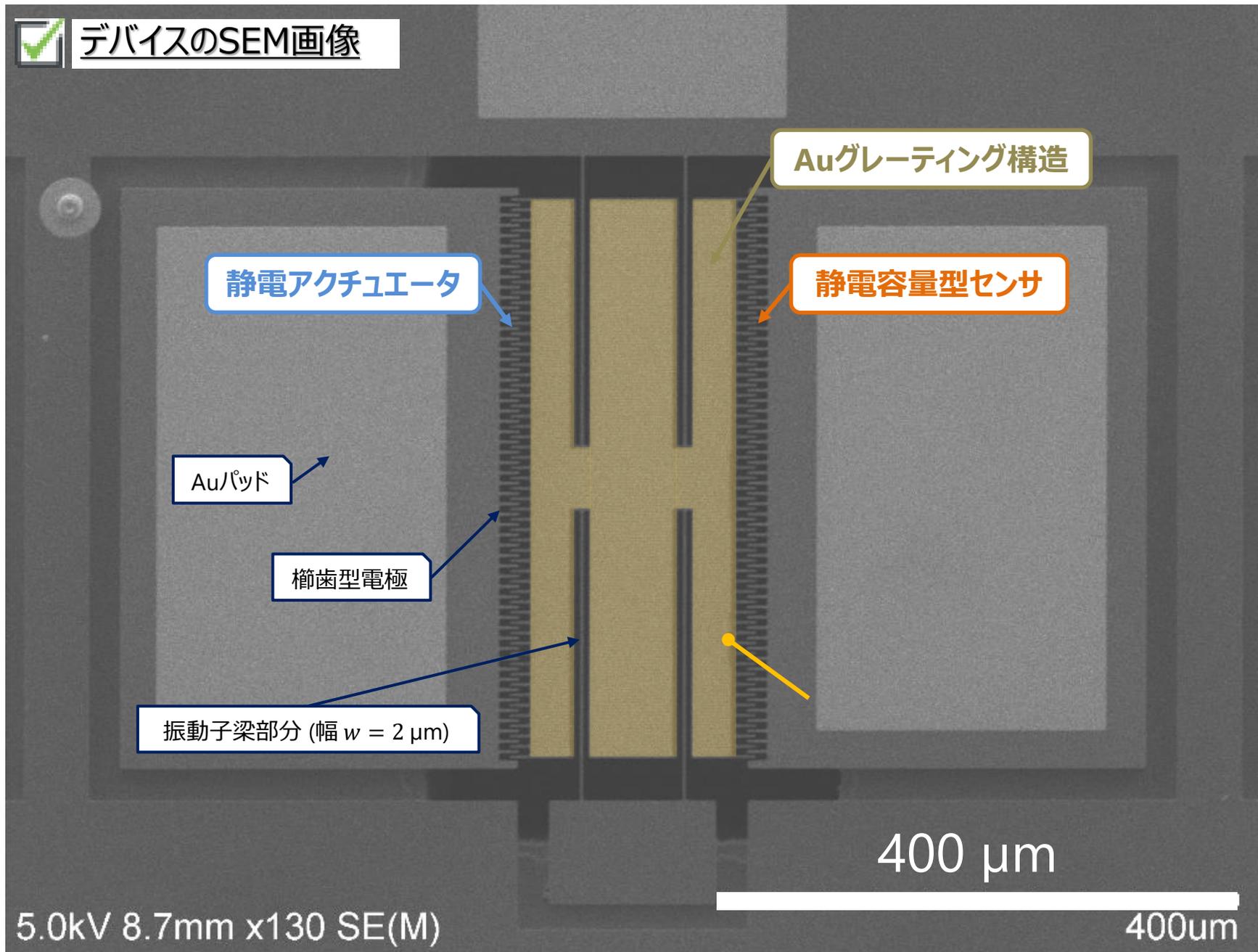
共振周波数変化 Δf [Hz]

$$\frac{\Delta f}{f_0} = - \frac{3\alpha l^3}{8\pi^2 w^3 t \kappa} P \beta$$

f_0	遮光時の共振周波数 [Hz]
Δf	光入力による共振周波数変化量 [Hz]
P	入射光量 [W]
β	吸収体の光吸収率
w	振動子梁部分の幅 [m]
t	振動子の厚さ [m]
l	振動子梁部分の長さ [m]
α	Siの線膨張係数
κ	Siの熱伝導率

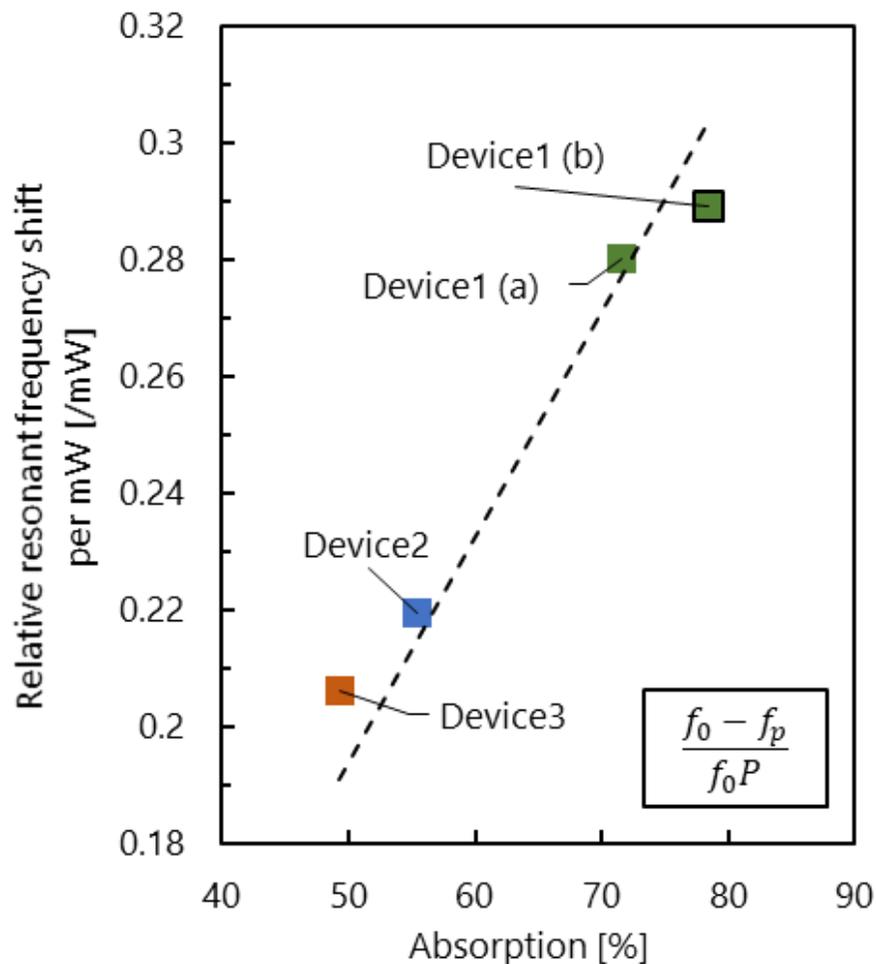
新技術の特徴⑤

✓ デバイスのSEM画像

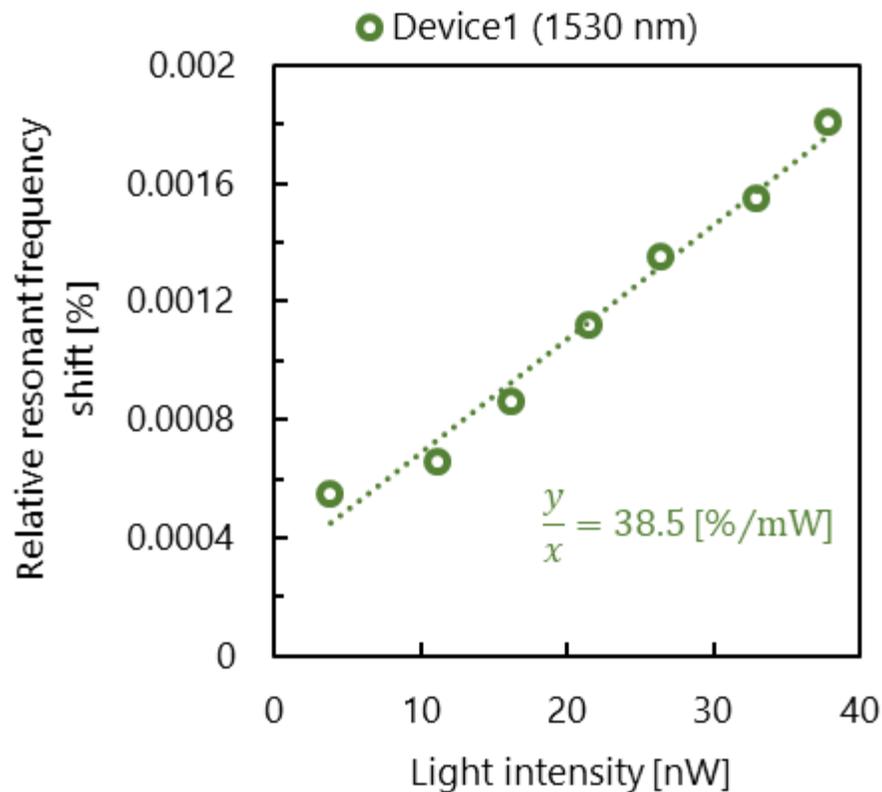


新技術の特徴⑥

吸収率依存性



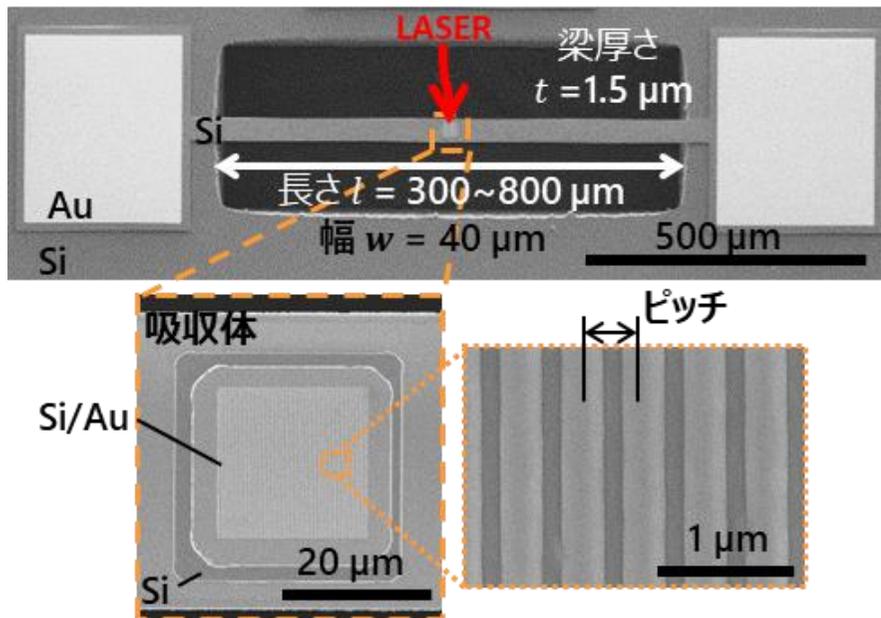
光量依存性



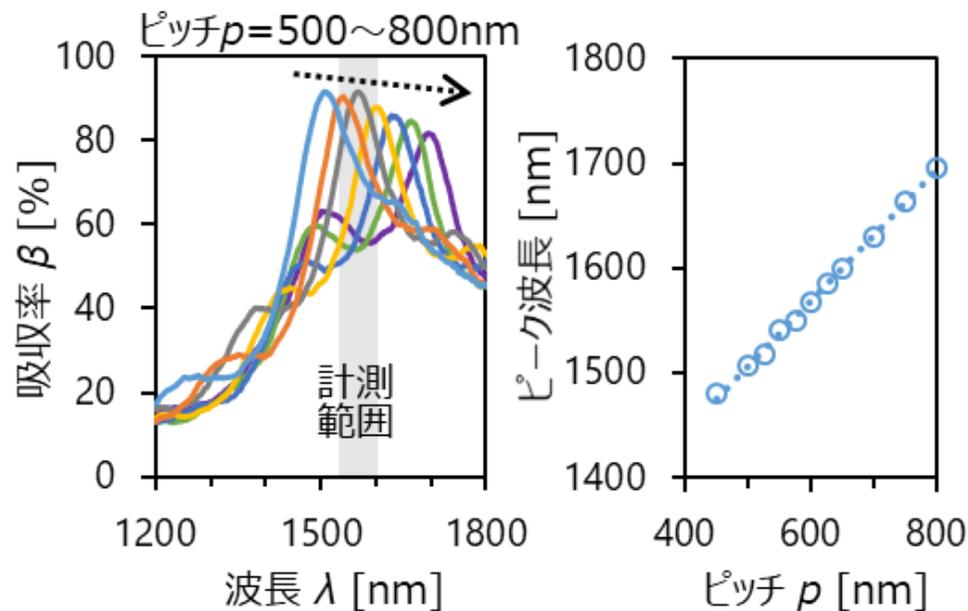
- 最小5nWの光を検出
- より高感度なセンサが可能
- 特定波長または広範囲波長での光センサ

新技術の特徴⑦

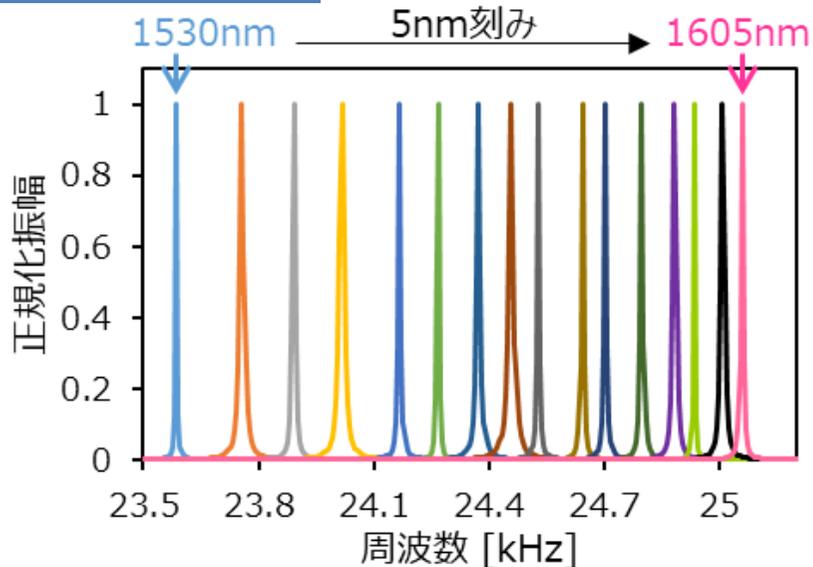
デバイス構造



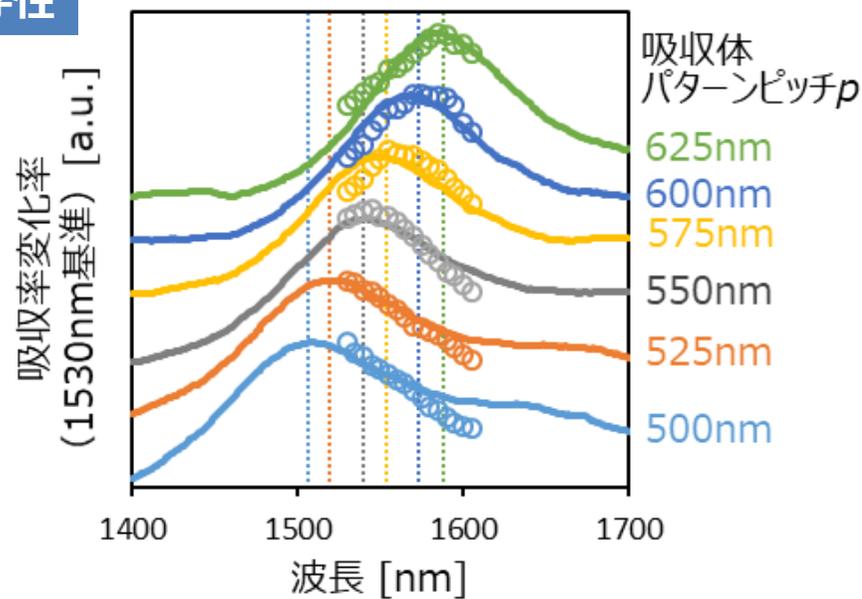
吸収スペクトル



共振周波数変化



波長依存性



新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、分光器の小型化・低コスト化を実現する基盤技術を構築した。
- 小型化・低コスト化することで、応用範囲が広がることが期待できる。



想定される用途

- 食品分析, 農作物分析
- 医療画像診断
- 吸収体の吸収波長範囲を制御することで, 中赤外センサへの応用, 中赤外ガス分析などへの応用

実用化に向けた課題

- 特定の応用に向けた製品開発
(光センサ, 分光センサ)
- 製造技術の確立
- 低ノイズ化, 低ドリフト化が可能な回路の構築

企業への期待

- 特定の応用に向けた製品開発
(光センサ, 分光センサ)
- 光センサや分光センサの応用技術を持つ、
小型化・低コスト化したい企業との共同研究
を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 振動型光センサ、分光器、食品分析装置
および画像診断装置
- 出願番号 : 特願2022-118893
- 出願人 : 国立大学法人神戸大学
- 発明者 : 菅野 公二、磯野 吉正

お問い合わせ先

神戸大学

産官学連携本部 産学連携・知財部門

TEL 078 - 803 - 5945

FAX 078 - 803 - 5389

e-mail : oacis-sodan@office.kobe-u.ac.jp