

ガソリン燃焼チーム クラスター13 (冷損低減班)

東京大学 大学院工学系研究科 機械工学専攻
李敏赫, 権兌鎭, 范勇, 森本賢一, 鈴木雄二

エンジンシリンダ用ワイヤレスMEMS壁温センサの開発

目的

エンジンにおける冷却損失を低減するためには、シリンダの壁面温度・熱流束の多点計測が重要
→ シリンダ壁面温度・熱流束の非接触計測の実現

研究方法

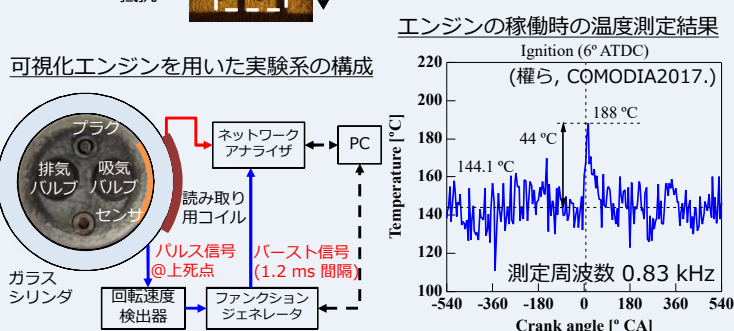
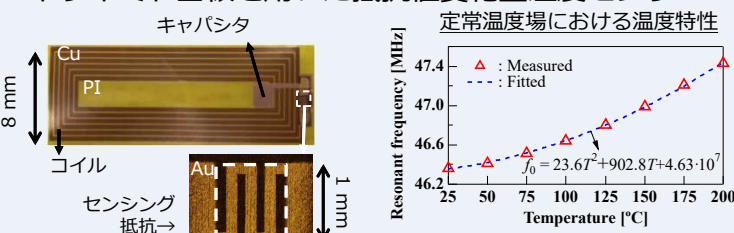
MEMS (Microelectromechanical System) 技術とプリント基板製作技術の応用による薄型センサの開発

温度センサのモデル構築

壁温センサの開発実機への応用

センサ試作および性能評価

ポリイミド基板を用いた抵抗値変化型温度センサ



可視化エンジンにおける点火前後の壁温変化を計測

等価回路モデル感度解析 (李ら, Meas. Sci. Technol., 2017.)

読み取り用コイルで測定されるセンサ回路の共振周波数

$$f_0 \approx f_{air} \sqrt{\frac{Q^2 + (k^2 - 2) + \sqrt{Q^2 + (k^2 - 2)^2 + 12(1 - k^2)}}{2(1 - k^2)}} \quad \left(f_{air} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_c C_s}}, Q = \frac{1}{R_s} \sqrt{\frac{L_c}{C_s}}, k = \frac{M}{\sqrt{L_c L_s}} \right)$$

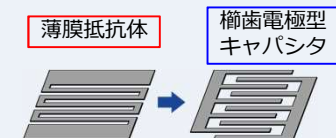
抵抗値変化に対する感度

$$\frac{R_s}{f_0} \frac{\partial f_0}{\partial R_s} = \frac{1}{\sqrt{(k^4 - 16k^2 + 16)Q^4 + 2(k^2 - 2)Q^2 + 1}}$$

静電容量変化に対する感度

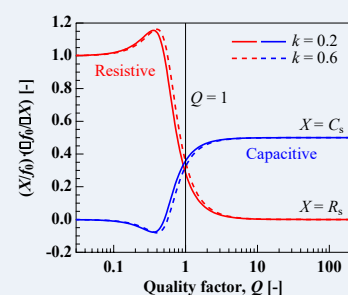
$$\frac{C_s}{f_0} \frac{\partial f_0}{\partial C_s} = \frac{1}{2\sqrt{(k^4 - 16k^2 + 16)Q^4 + 2(k^2 - 2)Q^2 + 1}} - \frac{1}{2}$$

温度測定部の変更

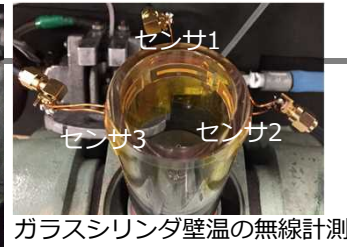
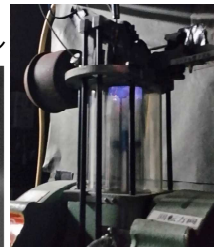


→ 高感度および高Q値を有する静電容量型センサの開発

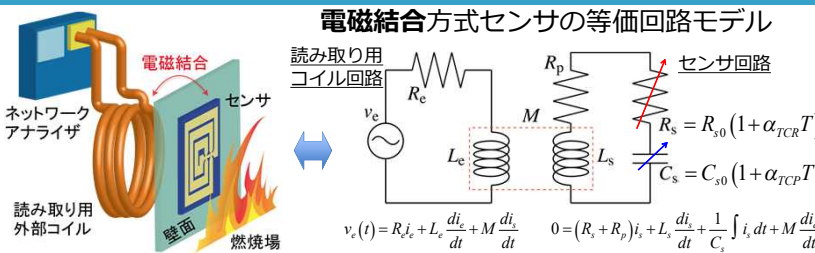
Q値による相対感度の変化



簡易可視化エンジン



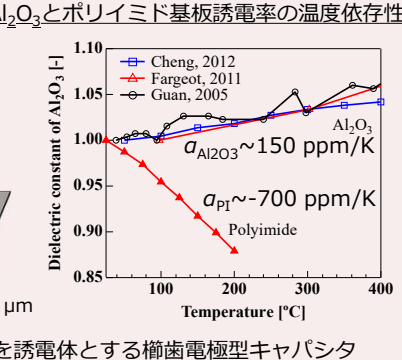
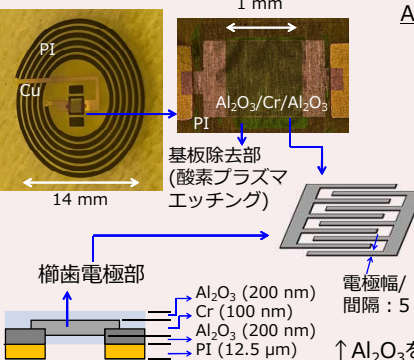
電磁結合方式センサの等価回路モデル



静電容量変化型温度センサの試作

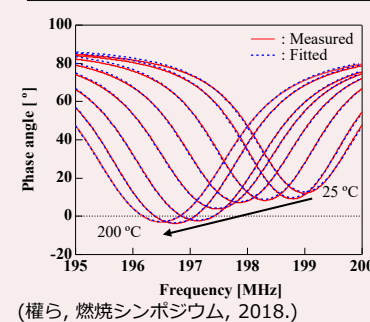
温度測定部として、アルミナ薄膜と櫛歯電極のサンドイッチ構造

- 基板の誘電率変化が共振周波数に与える影響を回避
- 温度測定部の薄膜化による時間応答性の向上

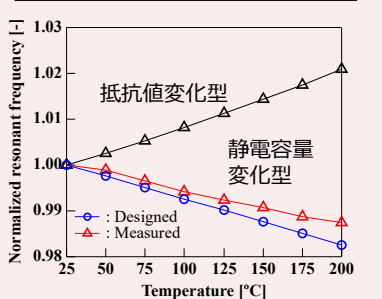


改良型センサの性能評価

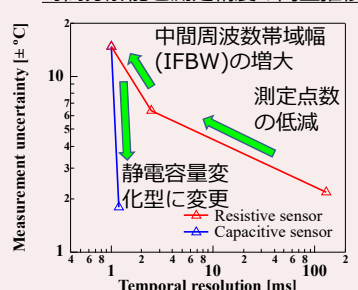
定常温度場におけるセンサの温度特性



抵抗値・静電容量変化型の性能比較



時間分解能と測定精度の向上推移



	抵抗値変化型	静電容量変化型
測定面積		1 × 1 mm ²
周波数感度	120 ppm/K	-76 ppm/K
Q値	~ 5	~ 120
測定精度	> 10 °C	1.8 °C

1.2 msの時間分解能を維持したまま約15倍の温度測定分解能, 6倍の温度測定精度を実現