

M-6

低濃度酸化性ガスセンサを用いた測定システムの小型化に対する検討

A Study on Miniaturization of a Measurement System Using Oxidizing Gas Sensor with Low Concentration

○近藤駿介<sup>1</sup>, 佐伯勝敏<sup>2</sup>

\*Shunsuke Kondo<sup>1</sup>, Katsutoshi Sacki<sup>2</sup>

Recently, diesel engines have been considered in terms of fuel consumption and carbon dioxide emissions. Especially, even at 0.1 ppm below the regulation value, respiratory diseases and allergy-related diseases of the lungs occur. In this paper, we study on miniaturization of a measurement system using an oxidizing gas sensor. As a result, it is shown that the propose system can be reduce the size because the LCR meter of traditional measurement system replace to an amplitude measurement circuit and a micro controller.

1. まえがき

ディーゼルエンジンを始め、自動車や工場における燃料の燃焼から大気汚染物質である窒素酸化物や硫黄酸化物が発生する。これらを含むガスは濃度 1ppm 前後の低濃度において、ぜんそく患者等の気管支に悪影響を及ぼす。よって、国内では大気汚染に関わる環境基準が法令に基づいて定められており<sup>[1]</sup>、ディーゼル車規制条例<sup>[2]</sup>が各地域の公共機関から発令されている。

我々は楕形電極上に感応膜として銅フタロシアニン(CuPc)を蒸着した低濃度酸化性ガスセンサの研究<sup>[3]</sup>を行っており、先に、ガスセンサを用いたガス検知システムの小型化について検討<sup>[4]</sup>を行った。

今回、従来の低濃度酸化性ガスセンサにおける測定システムを変更することで測定システムの小型化について検討を行ったので報告する。

2. 本論

Figure 1 に従来の測定システム、Figure 2 に今回提案する測定システムを示す。従来の測定システムでは LCR meter にて Sensor のレジスタンス( $R_s$ )、リアクタンス( $X$ )を測定し、LabVIEW を用いてデータを取得していた。また温度の管理を恒温槽にて 25~50°C に調整していた。今回提案する測定システムでは、測定システムを LabVIEW、LCR meter の代わりにマイコン、測定回路としており、測定システムの小型化が行える。また、実際の測定環境に容易に移行できる。

Figure 3 に楕型電極の構造、等価回路を示す。楕型電極の電極対数  $N$ : 30 対、交差幅  $W=4\text{mm}$ 、楕間隔、楕幅  $50\mu\text{m}$  として作製した。楕型電極は、各 1 対が  $R$  と  $C$  の並列回路として等価回路が示される。  $n=30$  とすると 30 組の RC 並列回路となり、単純な RC 並列回路と考えられる。

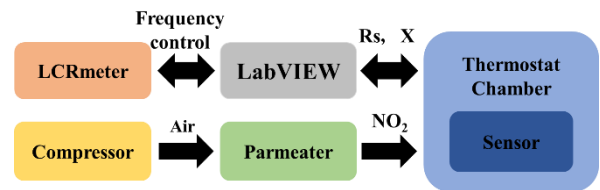


Figure 1. Conventional measurement system

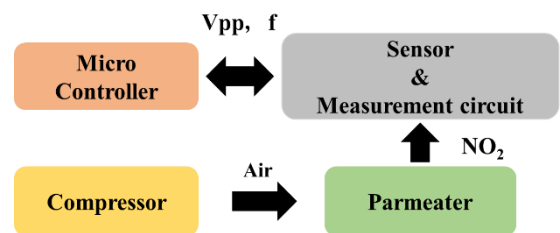


Figure 2. Proposed measurement system

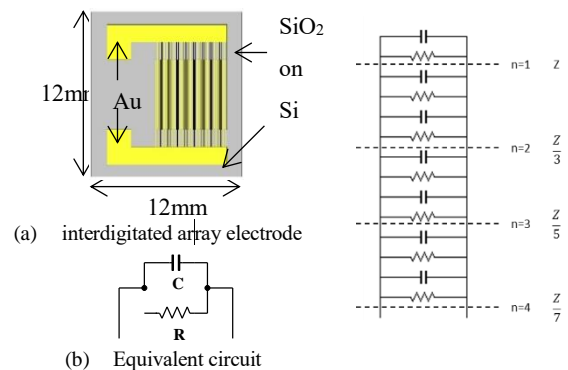


Figure 3. Equivalent circuit of interdigitated array electrode

楕形電極上に感応膜 CuPc を蒸着することで低濃度酸化性ガスセンサとなる。このガスセンサを発振回路中に挿入し、ガスセンサの  $R_s$ ,  $X$  の変化により振幅が変化するように回路を構成した。

Figure 4 にガスセンサを挿入した測定回路を示す。破線で囲った部分がセンサであり、センサの  $R$ ,  $C$  が変化することにより発振周波数、振幅の変化が生じる。

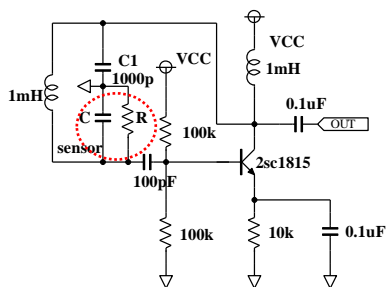


Figure 4. Amplitude measurement circuit

Figure 5 に NO<sub>2</sub> ガス反応時の経時変化を示す。0 分から 10 分まで濃度 0.3ppm, 0.5ppm, 0.7ppm の NO<sub>2</sub> ガスを注入しており、1 分毎にオシロスコープにて正弦波振幅の観測を行った。各濃度において、正弦波の振幅が時間と共に上昇しており、濃度が高いほど傾きが大きいことがわかる。

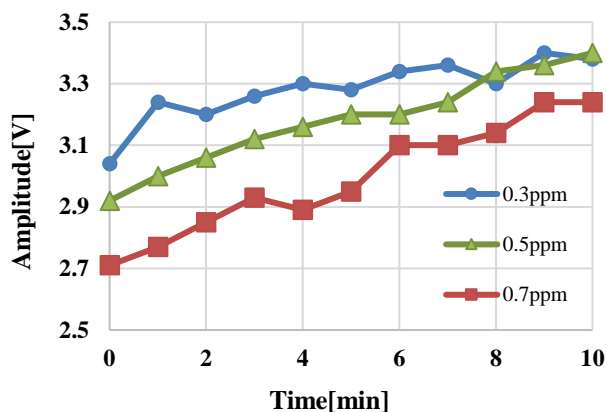


Figure 5. NO<sub>2</sub> gas reaction

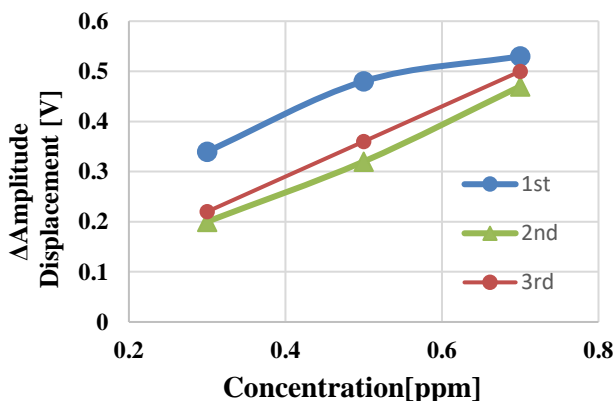


Figure 6. Calibration curve of NO<sub>2</sub>

Figure 6 に検量線を示す。1 回目の測定では変化量が大きくなっている。これは、Figure 5 に示すように現在の測定環境ではガス反応前の初期値がばらつくことに起因する。しかし、2, 3 回目では 30 分 60°C で回復を行うことにより安定した結果が得られている。

Table 1 に濃度毎の傾きの平均, 最大ばらつきを示す。同表は、濃度毎に傾きが上昇しており、ばらつきにおいては、濃度が上昇すると小さくなる。これは、0.3ppm 注入前の初期値への回復が十分に足りていない可能性がある。回復における時間を十分にとる必要がある。

Table 1. Average gradient of slope, maximum variation

Concentration[ppm]	gradient[V/min]	Max variation[%]
0.3	0.025	34.21
0.5	0.039	24.14
0.7	0.050	6.00

Table 2 に異なるセンサを回路中に挿入時の正弦波周波数, 振幅を示す。振幅のばらつきが周波数と比較すると大きいことがわかる。楕型電極作製時のばらつきを改善させることにより、振幅のばらつきも改善すると考えられる。

Table2. Amplitude and frequency of each sensor

Sensor No.	Vpp[V]	f[kHz]
1	1.45	365.7
2	1.75	358.36
3	1.49	361.99
4	1.59	362.38
5	1.77	359.52

### 3. まとめ

低濃度酸性ガスセンサを用いた測定システムの小型化に対する検討を行った。その結果、従来の測定システム中、LCR meter の代わりに、マイコン、測定回路に置き換え、NO<sub>2</sub> ガス反応時の振幅変化を確認し、測定システムの小型化が行えることを明らかにした。

今後は、さらなる小型化に向け、温度管理部、信号処理部の実装、筐体の作製を行う予定である。また SO<sub>2</sub> ガス検知の検討を行う予定である。

### 4. 参考文献

- [1] 環境省：「環境基本法(平成 5 年法律第 91 号)第 16 条第 1 項」, 1993 年.
- [2] 東京都環境局：「ディーゼル車規制の内容」2003 年.
- [3] 佐伯勝敏, 堀口拓：「複素インピーダンスを用いた低濃度酸性ガスセンサ」, 電学論 A, Vol.138, No.5, pp.244-249, 2018.
- [4] 近藤駿介, 佐伯勝敏：「低濃度酸性ガスセンサの計測時間短縮に対する一検討」, 日本大学理工学部学術講演会, M-21, pp.1059-1060, 2017.