

M-6

低濃度酸化性ガスセンサを用いた簡便なガス濃度測定システムに対する一検討

A Study on a Simple Measurement System of Gas Concentration using a Low Concentration Oxidizing Gas Sensor

○北野涼介¹, 佐伯勝敏²*Ryosuke Kitano¹, Katsutoshi Saeki²

Abstract: In this paper, we propose a system for measuring gas concentration using a low concentration oxidizing gas sensor. As a result, it is clarified that proposed system is possible to measure the NO₂ gas concentration, because the variation of the output voltage of the circuit depend on the gas concentration.

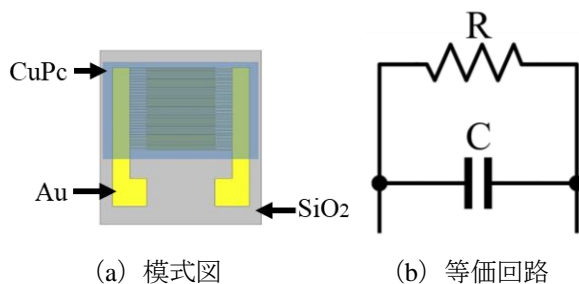
1. まえがき

化石燃料の燃焼によって発生するNO_x(窒素酸化物)およびSO_x(硫黄酸化物)は、ぜん息などの呼吸器疾患の原因となる^[1]ことから、環境省によって環境基準および測定方法が定められている^[2]が、大規模な設備を必要とするため、一般家庭などで行うには不向きである。

本研究では、気体分子の吸着によってインピーダンスが変化するガスセンサ^[3]を使用し、より簡便にガス濃度測定を行うことを目的とした、ガス濃度測定回路および測定システムについて検討を行った。

2. 本論

図1に、使用する低濃度酸化性ガスセンサの模式図および等価回路を示す。本センサは、楕型電極上に感応膜としてCuPc(銅フタロシアニン)が塗布されており、電気的特性としてはRC並列回路と等価として扱うことができる。ばく露するガス濃度に応じてインピーダンスの変化量が異なることから、ガスセンサとしての利用が可能となる^[3]。



(a) 模式図 (b) 等価回路
図1 低濃度酸化性ガスセンサ

図2に、本センサを使用したガス濃度測定回路を示す。同回路はオペアンプを使用した非反転増幅回路であり、図中Sensor+端子およびSensor-端子に接続したセンサのインピーダンス変化によって出力電圧が変化するため、濃度測定が可能となる。

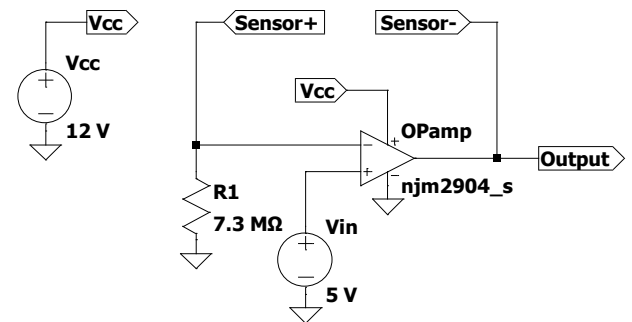


図2 濃度測定回路

図3に測定系を示す。センサのインピーダンスは温度依存性を持つ^[3]ため、作製した小型恒温槽の内部にセンサを入れ、熱電対を通してArduinoにて温度を取得し、小型恒温槽内のフィルムヒーターをフィードバック制御することによって、センサ温度を一定に保つ。ガスの生成にはパーミューター(校正用ガス調整装置)を用い、コンプレッサーによって生成したガスを小型恒温槽内に送出することで、センサをばく露させる。

図4に、作製した小型恒温槽の模式図を示す。3Dプリンタにて造形したプラスチック製の容器の内部に、断熱材およびフィルムヒーターを設置したものである。

図5に、小型恒温槽の周囲の温度が25℃から70℃に変化した時の、内部に設置したセンサの温度を示す。同図より、小型恒温槽の外部温度に変化があった場合においても、センサ温度を一定に保つことができることを示している。

以下に、行った濃度測定の手順を示す。

- ① センサを小型恒温槽に入れ、70℃で15分間回復(センサに吸着した気体分子の脱離)を行う。
- ② センサを濃度測定回路に接続し、小型恒温槽に入れる。
- ③ パーミューターにて任意の濃度、および任意の温度のガスを生成する。

- ④ 生成したガスをコンプレッサーにて小型恒温槽内
に送出し、センサを約4分間ばく露させる。
同時にオシロスコープによって濃度測定回路の出力
電圧の変化を測定する。

今回は 0.3 ppm, 0.5 ppm, および 1.0 ppm の NO₂ ガス
にて測定を行った。またセンサ温度およびガス温度は
それぞれ 25 °Cにて測定を行った。

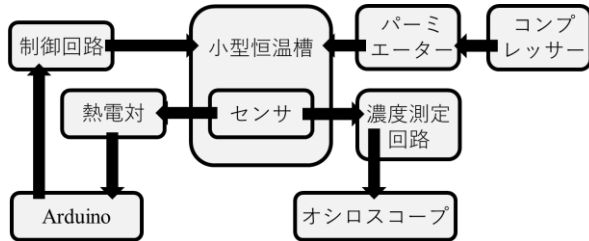


図3 測定システム

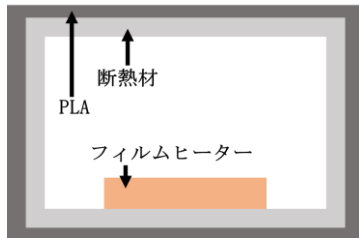


図4 小型恒温槽模式図

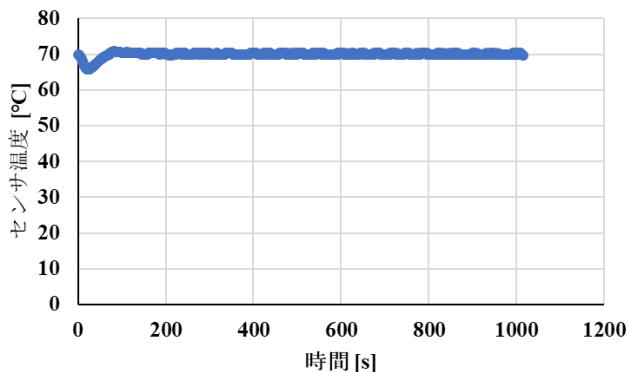


図5 小型恒温槽によるセンサ温度特性

図6に、各濃度の NO₂ ガスにセンサを約4分間ばく
露させた時の濃度測定回路の出力電圧変化を示す。生
成したガスの送出を開始した時点から測定を開始した。
同図より、センサがガスにばく露することによって出力
電圧が小さくなることが確認できる。しかし、測定
ごとに出力電圧の初期値に差が見られた。これはセン
サの回復の程度に差があり、測定開始時におけるセン
サのインピーダンスに差があったためだと考える。

図7に、各濃度ごとの出力電圧の変化量を示す。出
力電圧変化量は、測定開始時および測定終了後の濃度
測定回路の出力電圧の差を求めたものである。同図よ
り、濃度が高くなるにつれて出力電圧変化量も大きく
なることを示している。また、濃度と出力電圧変化量

は非線形な特性を示している。このことは濃度が高く
なるにつれ、センサへの気体分子の吸着が飽和状態に
近づいたことによるものと考えられる。

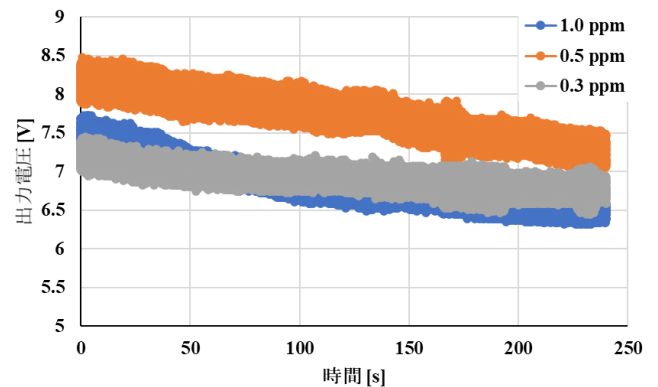


図6 時間-出力電圧特性

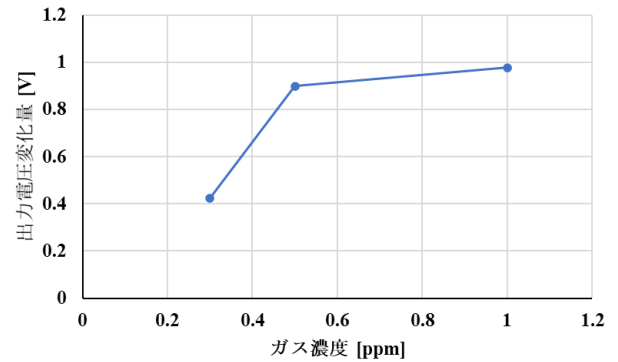


図7 濃度-出力電圧変化量特性

3. まとめ

簡便なガス濃度測定を目的として、低濃度酸化性ガ
スセンサを用いた濃度測定回路、および測定システム
について検討を行った。その結果、提案システムはガ
ス濃度に応じて濃度測定回路の出力電圧の変化に差が
確認できたことから、濃度測定が可能であることを明
らかにした。

今後は濃度-出力電圧変化量特性についての再現性
と測定濃度上限値の確認、および Arduino による濃度
測定について検討を行う予定である。

4. 参考文献

- [1] 独立行政法人環境再生保全機構：「主な大気汚染物
質と人体への影響」，発行年不明（2021年9月3日
閲覧）。
- [2] 環境省：「環境基本法（平成5年法律第91号）第
16条第1項」，1998年。
- [3] 佐伯勝敏，堀口拓：「複素インピーダンスを用いた
低濃度酸化性ガスセンサ」，電学論A, Vol.138, NO.5,
pp.244-249, 2018年。