

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：54701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560065

研究課題名(和文)半導体ガスセンサの過渡応答を用いた臭い識別装置の開発

研究課題名(英文)Development of Smell Distinguishable Sensor by Transient Response of Semiconductor Gas Sensor

研究代表者

藤本 晶 (Fujimoto, Akira)

和歌山工業高等専門学校・電気情報工学科・教授

研究者番号：10238610

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：半導体ガスセンサの過渡応答を用いたアルコールガスの臭い識別装置を試作した。アルコールガスの臭い識別のための最適な過渡応答が得られるヒーター入力波形を、独自に開発した過渡応答モデルを用いたシミュレーションから求め、9乗根関数で駆動した際に最も過渡応答間の差が大きくなることを見出した。過渡応答の面積および立ち上がりと立下りの差や、過渡応答の傾きから、アルコールガスの種類をPICで自動的に識別する装置を試作したところ、メタノール、エタノール、プロパノール、ブタノールの4種類のアルコールガスを識別可能とした。

研究成果の概要(英文)：Smell distinguishable equipment was constructed by transient response of semiconductor gas sensor. Optimum waveform for heater voltage of the gas sensor to distinguish the kinds of alcoholic gases was explored by simulation with the transient response model constructed originally. It was found out that the 9th root waveform of heater voltage made the largest separations among the responses for four kinds of alcoholic gases. Equipment which distinguishes the four kinds of alcoholic gases automatically with PIC microprocessor by using the differences of the area, rise up and down part and gradient of the transient response was made. The equipment could distinguish the methanol, ethanol, n-propanol and n-butanol gases successfully.

研究分野：半導体工学

キーワード：ガスセンサ 臭い識別 過渡応答 シミュレーション アルコールガス

1. 研究開始当初の背景

(1)臭いを検出する代表的なセンサとして、ガス漏れ警報器に用いられている半導体ガスセンサがある。このセンサは検出感度が高く、安価で長期間安定して使用可能であるが、ガスの種類の選択性が乏しく、整髪料に含まれる可燃性ガス等にも反応し、警報器が誤動作するという問題が生じていた。そのためガスの種類の選択性を有する安価なガスセンサの開発が急務になっていた。

(2)醤油や酒等の発酵過程に代表されるように、食品等の製造プロセスにおいて、ガスや特有の臭いを発生させる場合が多い。そのため発生するガスや臭いの種類をセンサで識別できれば、それら製造プロセスの状況を把握することが可能となる。そのためガスや臭いを識別できるセンサが実現すれば、ガスや臭いによる新たなプロセス制御を実現できることになる。

2. 研究の目的

(1)ガスや臭いの種類による半導体ガスセンサの過渡応答の違いを利用したガスや臭いの簡便な識別方法を確立する。

(2)半導体ガスセンサの過渡応答を利用したガスや臭いを識別可能な安価で簡便な「臭い識別センサ」を実現する。

3. 研究の方法

(1)半導体ガスセンサの過渡応答は、ガスや臭いとセンサ表面に吸着した酸素との化学反応の活性化エネルギーに依存することを見出している。活性化エネルギーの差に起因する過渡応答の差が大きければ、ガスや臭いの識別が容易となる。そのため任意の波形のヒーター入力下において、種々の活性化エネルギーをもつガスや臭いに対する半導体ガスセンサの過渡応答を計算可能とする、独自の半導体ガスセンサの「過渡応答モデル」を用いて、種々のアルコールガスを識別するために、最も適したセンサのヒーター入力波形を模索する。

(2)ガスや臭いの種類による半導体ガスセンサの過渡応答波形の違いを PIC マイコンを

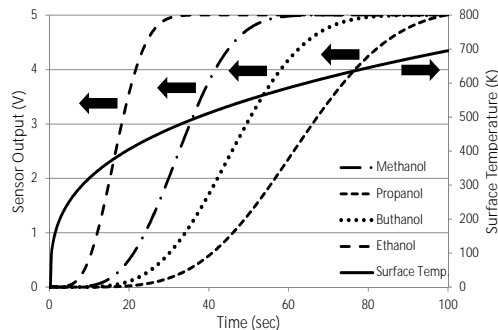


図1 センサの温度を立方根関数で増加させた際の4種類のアルコールガスに対する半導体ガスセンサの過渡応答波形

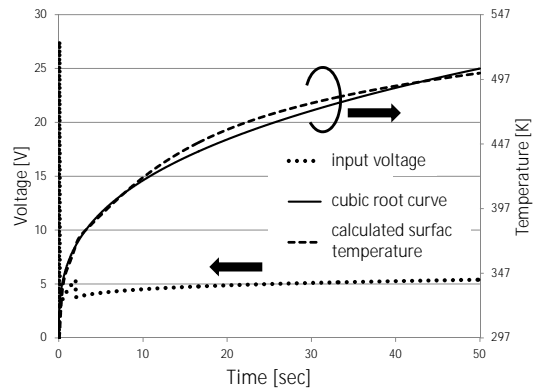


図2 デルタ関数と三角波、それに9乗根関数の重畳とセンサの表面温度の変化

用いて検出し、予め準備してあるデータと比較することにより、自動的にガスの種類を識別可能な装置を試作し、半導体ガスセンサの過渡応答を利用したガス識別装置の実現可能性を検証する。

4. 研究成果

(1)メタノール、エタノール、n-プロパノール、n-ブタノールの4種類のアルコール系のガスを用いて、種々の波形のヒーター入力の下で過渡応答を求めた。その結果センサの温度を立方根関数で増加させた際に、上記4種類のアルコールガスの過渡応答の違いが最も大きく、かつ均等となり(図1参照)この際に4種類のガスの識別が容易になることが示唆された。そしてセンサの温度を立方根関数で変化させるためには図2に示すようにデルタ関数と三角波、および9乗根関数を重畳させることで実現できることを明らかにした。

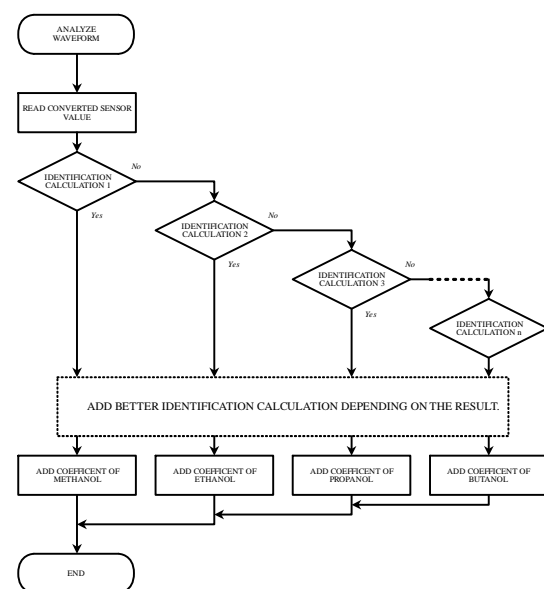


図3 Arduinoを用いたアルコールガス識別に用いたフローチャート

(2)ガスや臭いの種類による半導体ガスセンサの過渡応答の違いを PIC マイコンで比較し、自動的にガスの種類を識別できるガス識別装置を試作した。PIC マイコンに Arduino

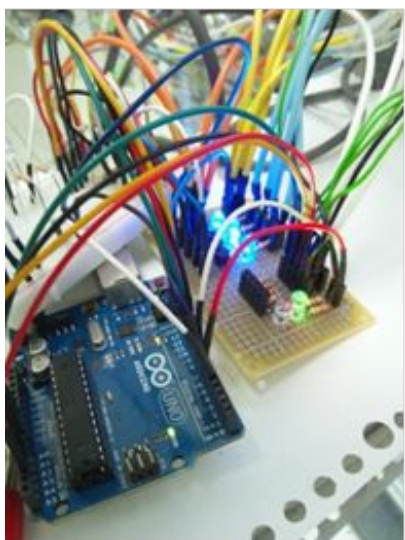


図 4 Arduino を用いたガス識別装置

を用い、半導体ガスセンサの種々の周期における過渡応答の立ち上がりと立下り、および過渡応答の面積を比較することで、4 種類のアルコールの識別を試みた。識別に用いたフローチャートを図 3 に示す。その結果、メタノールガスとブタノールガスについて、識別が可能であり、その正答率は 70-80%であった。

さらにガスセンサのヒーターに方形波電圧を印加した際に得られる過渡応答の平坦部の傾きを積算し、アルコールガスの種類による違いを利用することで、4 種類のアルコールガス全ての種類を、ほぼ完全に識別することができた。

これら過渡応答の比較に加えて、ガスや臭いの濃度情報を加え合わせることで、より正確なガスや臭いの種類の識別が可能な臭い識別装置を実現できるものと考える。

#### 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

藤本 晶、大谷龍輝、半導体ガスセンサの過渡応答への活性化エネルギーの影響、電気学会論文誌 E、査読有、132 巻、2012、pp.526-530.

A.Fujimoto and M.Kita, A Model of Transient Response of Semiconductor Gas Sensor Considering Temperature Dependency of Carrier Mobility, Management, Manufacturing and Materials Engineering Part 2, 査読有, Vol. 452-453, 2012, pp.942-944.

A.Fujimoto, M.Kita and Y.Kato, High

semiconductor gas sensor considering temperature dependency of carrier mobility, The 14<sup>th</sup> International Conference on Chemical Sensors, Technical Program and Abstracts, 査読有, 2012, pp.454-456.

Y.Shibano, Y.Kato and A.Fujimoto, Identifying Alcohol Types via the Transient Response of Semiconductor Gas Sensors, Proceedings of 2012 International Symposium on Technology for Sustainability, 査読有, 藤本 晶、芝野好希、半導体ガスセンサの過渡応答を用いたアルコールガスの識別の試み、Chemical Sensors, 査読無、Vol. 29, Suppl. A, 2013, pp.55-57.

〔学会発表〕(計 8 件)

芝野好希、藤本 晶、半導体ガスセンサによるガスの種類自動識別装置の開発、平成 24 年度第 25 回におい・かおり環境学会、平成 24 年 8 月 23 日、立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県)

Y.Shibano, Y.Kato and A.Fujimoto, Identifying Alcohol Types via the Transient Response of Semiconductor Gas Sensors, International Symposium on Technology for Sustainability 2012, 22 Nov, 2012, Bangkok (Thailand). (査読有)

A.Fujimoto, M.Kita and Y.Kato, High-precise transient response model of semiconductor gas sensor considering temperature dependency of carrier mobility, The 14<sup>th</sup> International Conference on Chemical Sensors, 22 May. 2012, Nuremberg (Germany). (査読有)

藤本 晶、芝野好希、半導体ガスセンサの過渡応答を用いたアルコールガス識別の試み、第 54 回科学センサ研究発表会・電気化学会第 80 回大会、平成 25 年 3 月 29 日、東北大学(宮城県)

A.Fujimoto and Y.Shibano, Attempt to identify the kind of alcohol gas by using transient response of semiconductor gas sensors, The 10<sup>th</sup> Asian Conference on Chemical Sensors, 12 Nov. 2013, Chiang Mai (Thailand). (査読有)

藤本 晶、中出良太、ガスセンサの過渡応答によるアルコール臭識別の条件、平成 26 年電気学会全国大会、平成 26 年 3 月 19 日、愛媛大学(愛媛県)

A.Fujimoto and R. Nakade, Optimum condition for Identification of Alcoholic Gases by Transient response of Semiconductor Gas Sensor, EUROSORS 2014, - Sept., 2014, Brescia (Italy). (査読有)

A.Fujimoto, Analysis of Transient

Response of Gas Sensors,  
International Conference of  
Global Network for Innovative  
Technology 2014, 16 Dec. 2014, Penang  
(Malaysia).\_(査読有)

〔図書〕(計1件)

Akira Fujimoto, Momentum Press, Chemical  
Sensors: Simulation and Modeling Volume 2:  
Conductometric-type Sensors, 2012,,  
pp.233-260

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: ガス識別装置、及びガス識別方法

発明者: 藤本 晶 他

権利者: 独立行政法人国立高等専門学校機構

種類: 特許

番号: 特願 2010-254502

出願年月日: 平成 24 年 11 月 20 日

国内外の別: 国内

取得状況(計0件)

〔その他〕

- (1) 藤本 晶、半導体ガスセンサによるガスの種類自動識別装置の開発、共同研究マッチング交流会(大阪府商工労働部、大阪人材ネットワーク事業事務局、平成 25 年 3 月 15 日、エル大阪本館(大阪府))
- (2) 藤本 晶、半導体ガスセンサの過渡応答と計算機モデルの作成 ガスセンサによる臭いの識別を目指して、平成 25 年度全国高等専門学校・長岡技術科学大学電気系教職員交流集会、平成 25 年 8 月 8 日、長岡技術科学大学(新潟県)
- (3) 藤本 晶、半導体ガスセンサによるガスの種類の識別、高専 技科大新技術説明会(独立行政法人国立高等専門学校機構、長岡技術科学大学、豊橋技術科学大学、独立行政法人科学技術振興機構)平成 26 年 2 月 4 日、JST 東京本部別館ホール(東京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤本 晶 (FUJIMOTO Akira)

和歌山工業高等専門学校・電気情報工  
科・教授

研究者番号: 10238610