

情報担体を活用した集積デバイス・システム  
2022 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

柳田 剛

東京大学 大学院工学系研究科  
教授

固体テンプレート界面材料による堅牢な人工嗅覚デバイス

主たる共同研究者:

石黒 仁揮 (慶應義塾大学 大学院理工学研究科 教授)

内田 建 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

## 研究成果の概要

プロジェクト開始年度の 2022 年度は、堅牢な人工嗅覚を実現する集積化センサシステムの創製・設計に関する研究を行うための環境の立ち上げを行い、3 グループ(柳田、石黒、内田)で定期的なミーティングを行いながら、目標実現にむけて課題を整理し、その解決のための界面材料開発と回路・システム的な手法考案に着手した。

狭く閉じられた空間に無機物を均一に堆積させることは非常に困難であるが、微小空間の圧力を精密にコントロールすることが可能な原子層堆積装置を開発することによって、非常に内径が小さく(100  $\mu\text{m}$ )長い(1000 mm)マイクロチューブ内に均一に酸化チタン薄膜をコーティングすることに初めて成功した。また、このマイクロチューブが熱的・化学的に非常に安定な分子識別材料として機能することを示した。

貴金属ナノシートセンサは、センサ表面を昇温することによって初期化することができる。昇温のためには、外部ヒータを用いることが簡便であるが、システム全体で消費するエネルギーが大きくなるという問題がある。一方で、ジュール加熱による初期化を行うと消費エネルギーが小さくなるものの、センサの寿命が短くなるという問題があった。貴金属ナノシートセンサに従来の DC 電流によるジュール加熱ではなく、AC 電流によるジュール加熱を行うことでセンサの寿命を大幅に向上し、堅牢なセンサを構築できることを明らかにした。

分子センサの感度向上や分子選択性を実現するための回路・システム技術として、回路シミュレーションに利用可能な自己加熱効果を導入したデバイスモデルを構築し、パルスバイアス手法を取り入れたプロトタイプシステムを立ち上げて、実機でパルスバイアスの効果を効率的に評価できる手法を構築した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) R. Kamei, T. Hosomi, M. Kanai, E. Kanao, J. Liu, T. Takahashi, W. Li, W. Tanaka, K. Nagashima, K. Nakao, K. Otsuka, T. Kubo, and T. Yanagida, “Rational strategy for space-confined atomic layer deposition”, ACS Appl. Mater. Interfaces, vol. 15, pp. 23931-23937, 2023
- 2) Y. Shiiki, S. Nagata, T. Takahashi, T. Yanagida, and H. Ishikuro, “Compact Model of a Metal Oxide Molecule Sensor for Self-Heating Control”, Solid-State Electronics, Vol. 204, 2023  
DOI:10.1016/j.sse.2023.108641.
- 3) Y. Shiiki and H. Ishikuro, “Accurate Sneak-path-controlled Readout for a Cross-point Resistive Sensor Array”, IEEE Sensors Journal, vol. 23, pp. 11746-11753, 2023, DOI: 10.1109/JSEN.2023.3265074.