

ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出
2019年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

内田 建

東京大学 大学院工学系研究科
教授

空間的・時間的に局在化したナノ熱の学理と応用展開

主たる共同研究者:

塩見 淳一郎 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

寺尾 潤 (東京大学 大学院総合文化研究科 教授)

柳田 剛 (九州大学 先導物質化学研究所 教授)

柳田 剛 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

研究成果の概要

ナノ熱を利用した分子センサの開発に大きな進展があった。酸化物ナノワイヤ(WO₃ナノワイヤ)を利用したセンサでは、0.1mWの消費電力で10ppmのアセトンを感じ度40%でセンシングする高感度センサの開発に成功した。このセンサは、酸化還元反応を利用するセンサでありながら、酸化がより容易なエタノールよりも、酸化が困難なアセトンに圧倒的に強く応答する特性を示す。金ナノシートセンサでは、0.85mWの低消費電力で4.5ppmの硫化水素に応答するセンサを開発することに成功した。また、このセンサの特性評価をヒーター加熱の場合に進め、水素などの夾雑ガスにほとんど応答を示さない一方で、人間の鼻よりも感度の高い検出が可能であること(検出下限5ppb程度)を示すことに成功した。さらに、センサの集積化を実証することにも成功するとともに、匂いによる個人認証の原理実証を行った。

また、分子温度計のコンセプト実証にも成功した。極性の大きな自己組織化単分子膜を利用し、温度による単分子膜の乱れによって発生する表面電位を温度計として使うコンセプトを提案し、実際に自己加熱デバイスにおいて、温度プロファイルを反映したと考えられる電位プロファイルを得ることに成功した。今後、温度と電位の関係の詳細を明らかにし、数十nmスケールの温度プロファイル計測手法へと確立していく。

【代表的な原著論文情報】

1. K. Kato and K. Uchida *et al.*, "Ultimate impedance of coherent heat conduction in van der Waals graphene-MoS₂ heterostructures", submitted to 7th IEEE *Electron Devices Technology and Manufacturing (EDTM) Conference 2023*.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/EDTM55494.2023.10102994>
2. Jirayapat, Chaiyanut, Kazuki Nagashima, Takuro Hosomi, Tsunaki Takahashi, Benjarong Samransuksamer, Yosuke Hanai, Atsuo Nakao, et al. "Breath Odor-Based Individual Authentication by an Artificial Olfactory Sensor System and Machine Learning." *Chemical Communications*, **58**, no. 44 (May 30, 2022): 6377–80.
DOI: <https://doi.org/10.1039/D1CC06384G>
3. S. Nagata, T. Takahashi, H. Honda, M. Date, Y. Shiiki, W. Tanaka, T. Hosomi, K. Nagashima, H. Ishikuro, and T. Yanagida, "Spatiotemporal thermal management of homogeneous oxide sensor array for discrimination of biomarkers in mixed molecules," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), D-3-02, Chiba, Japan / Online, 2022/9/27.
4. Sheng-Ying Chou, Hiroshi Masai, Masaya Otani, Hiromichi V. Miyagishi, Gentaro Sakamoto, Yusuke Yamada, Yusuke Kinoshita, Hitoshi Tamiaki, Takayoshi Katase, Hiromichi Ohta, Tomoki Kondo, Akinobu Nakada, Ryu Abe, Takahisa Tanaka, Ken Uchida, Jun Terao, "Efficient Electrocatalytic H₂O₂ Evolution Utilizing Electron-conducting Molecular Wires Spatially Separated by Rotaxane Encapsulation" *Appl. Catal. B*, 327, 122373 (2023).