

「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」
平成 25 年度採択研究代表者

H28 年度
実績報告書

内田 建

慶應義塾大学工学部
教授

「極細電荷チャネルとナノ熱管理工学による
極小エネルギー・多機能センサプラットフォームの創製」

§ 1. 研究実施体制

(1) 半導体グループ

- ① 研究代表者:内田 建 (慶應義塾大学工学部, 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 原子層薄膜チャネル・センサ素子の作製
 - 2) 上記素子の各種標的ガスに対する電流変化量の計測

(2) 酸化物グループ

- ① 主たる共同研究者:柳田 剛 (九州大学 先導物質化学研究所, 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 酸化物ナノチャネルの創製実験
 - 2) 酸化物ナノチャネルにおけるセンサ特性検証実験
 - 3) 酸化物ナノチャネルと超分子との融合センサによる分子認識機能の検証実験

(3) 超分子グループ

- ① 主たる共同研究者:寺尾 潤 (東京大学総合文化研究科, 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 分子認識機能に向けた新しい単結晶酸化物ナノワイヤの創製
 - 2) 上記素子の各種標的ガスに対する電流変化量の計測
 - 3) 各種ガスのセンシング機能を評価する装置システム構築

(4) 回路グループ

- ① 主たる共同研究者:石黒 仁揮(慶應義塾大学工学部, 准教授)

② 研究項目

- 1) ナノセンサからの信号を高精度にピックアップする回路の検討
- 2) ナノセンサを駆動するドライバ回路の検討

(5) システムグループ

① 主たる共同研究者: 黒田 忠広 (慶應義塾大学理工学部, 教授)

② 研究項目

- 1) Deep Learning(DL)を用いたセンサ信号処理の研究
- 2) 極低エネルギー・プラットフォーム回路の研究
- 3) マイクロ・プラットフォームシステムの研究

§ 2. 研究実施の概要

半導体グループでは、呼気診断の際に高選択性センサに対する夾雑物として懸念される水素の濃度を正確に測定する技術を開発した。相対湿度が大きく変動しても、1ppm 以下の水素を高感度かつ VOC に対する高い選択性をもって検知できる技術を開発した。また、長鎖アルキル化合物の選択的認識へ向けた基礎的データを取得した。

酸化物グループでは、酸化物ナノチャネルを作製し、その低消費電力センサ特性を検証した[1]。その結果、酸化物チャネルの表面準位を利用した新しい分子センシングメカニズムを実証した。この成果を活用することで、200ppb のノナールを高感度に電流検出することが可能であることを実証した。

超分子グループでは、単一の導電性高分子鎖を環状分子で被覆した高分子ワイヤ中に、金属イオン、酸及び CO ガスと反応するセンサ部位として、それぞれ、ビピリジル、白金アセチリド、ルテニウム-ピリジン構造を導入し、発光・吸収スペクトル及び GPC 分析によりそのセンシング能を確認した[2]。さらに、マイクロ波伝導度測定により、金属およびプロトンの有無、低分子の配位による伝導度の変化を測定した。

回路グループでは、アナログフロントエンドと FPGA および半導体グループが開発したグラフェン水素センサで構成したセンサ評価・デモシステムを開発し、センサーバイアス点を高速に制御するフィードバックループを実装し、実機で0.1%の水素濃度が検出できることを確認した。また、前年度までに開発したリングアンプを用いた $\Delta \Sigma AD$ 変換器の分解能を改善するために、次数を増やすとともに、間欠動作を行うことで消費電力を削減することを目指した $\Delta \Sigma AD$ 変換器を開発した。間欠動作によりクロック周波数にほぼ比例して電力が削減され、また、分解能も 14dB 改善された。

システムグループでは、本年度は、これまでの研究結果を背景に、マイクロ・プラットフォームシステムの研究に集中した。昨年度試作したテストチップの評価を反映して、複数のセンサとマイクロコントローラを柔軟に組み合わせ可能なモジュールを非接触インタフェースで接続する実装し、評価を開始した。

- [1] Gang Meng, Fuwei Zhuge, Kazuki Nagashima, Atsuo Nakao, Msaki Kanai, Yong He, Michael Boudot, Tsunaki Takahashi, Ken Uchida and Takeshi Yanagida, “Nanoscale Thermal Management of Single SnO₂ Nanowire: pico-Joule Energy Consumed Molecule Sensor”, ACS Sensors 1, 997-1002, 2016.
- [2] Takuro Hosomi, Hiroshi Masai, Tetsuaki Fujihara, Yasushi Tsuji, Jun Terao “A Typical Metal Ion-Responsive Color-Tunable Emitting Insulated π -Conjugated Polymer Film,” Angew. Chem. Int. Ed., 55, 13427-13431 (2016).