



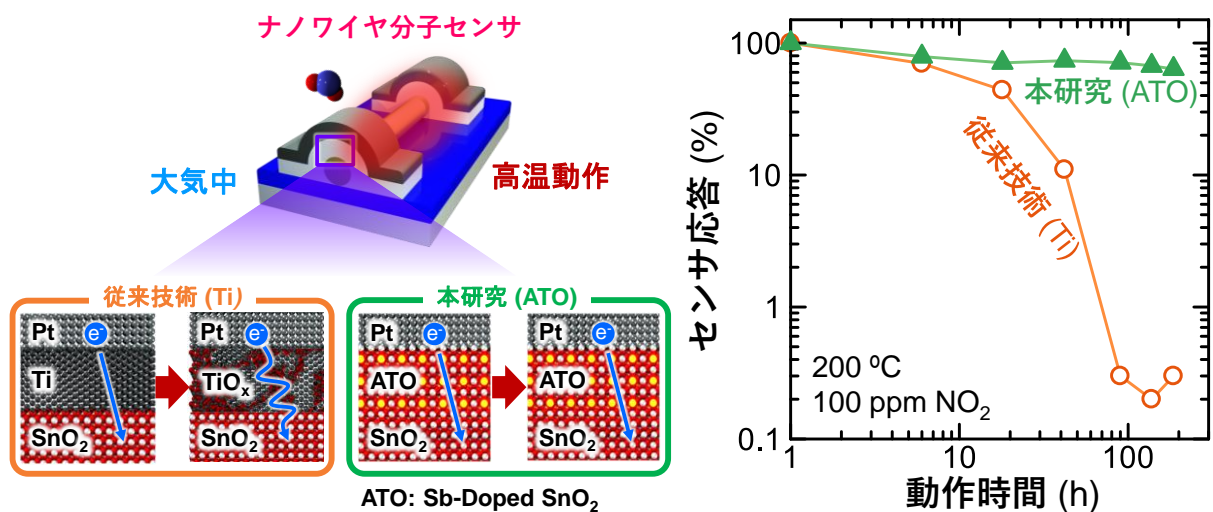
IoT 分子センサ：超長期動作が可能に ～携帯端末による健康状態や環境負荷物質の長期モニタリングに期待～

九州大学先導物質化学研究所の柳田剛教授、長島一樹助教、高橋綱己特任助教らの研究グループは、従来技術に基づくセンサよりも遙かに長期間に渡って安定的に動作する分子センサを開発しました。

来る IoT (モノのインターネット) 社会^{注1)} では、ナノテクノロジーや IoT 関連技術の発展に後押しされ、大規模データの収集・処理によって新たな価値を生む科学技術が見出されつつあります。現在スマートフォンなどモバイル機器で収集できるデータに加えて私たちの健康状態や周囲の環境に密接に関連する化学物質に関する情報が収集できれば、これまでとは全く異なる新たな価値につながる事が予想できます。しかし、携帯機器に搭載できるような従来の分子センサは動作するにつれて性能が劣化してしまい、長期安定動作は本質的な課題でした。柳田教授らは、ナノサイズの分子センサから電気信号を取り出す部分に、従来の金属の代わりに分子センサ部分と同じ材料を用いることを提案し、酸化錫ナノワイヤによる長時間の安定したセンサ信号が得られることを実証しました。

本分子センサ技術は、人の呼気や大気中に含まれる化学物質のモニタリングをスマートフォンなどで行い、ビッグデータとして活用することで、例えば病気の予防・早期発見などの健康管理や環境負荷物質の測定・抑制などの応用展開が期待されます。

本研究成果は、論文受理に伴い、米国化学会誌「ACS Sensors」Web 上に 2017 年 10 月 23 日 (水) に掲載されました。オンライン速報版および確定版は近日中に掲載される予定です。



研究者からひとこと：

今回は数百～千時間程度の動作での安定性を実証しました。最終的には、センサを使用する人が一生涯買い換えずに済むように、100年程度の使用にも耐えられるように更に研究開発を進めていきたいと思っています。

(参考図)

(左図) 本研究で作製したナノワイヤ分子センサと動作時の劣化の様子を表した概念図。

(右図) 本研究と従来技術に基づく分子センサでのセンサ応答と動作時間の関係。

【お問い合わせ】九州大学先導物質化学研究所 教授

柳田 剛 (やなぎだ たけし)

電話: 092-583-8835 FAX: 092-583-8820

Mail: yanagida@cm.kyushu-u.ac.jp

本成果は、以下の事業・研究領域・研究課題によって得られました。

戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（CREST）

研究領域：「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」

（研究総括：桜井 貴康 東京大学 教授）

研究課題名：「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」

研究代表者：（慶應義塾大学 理工学部 教授）内田 建

研究期間：平成25年10月～平成31年3月

【研究の背景】

近年、ナノテクノロジーやIoT関連技術（小型・省エネルギーの電子機器や通信技術）の発展に後押しされる形で、これまでは取得できなかった、または破棄されてきた様々なデータの収集が可能になってきています。さらに、このように集めた大量のデータ（ビッグデータ）を活用する情報処理技術にも革新が起こり、センサによるビッグデータ解析に基づく新たな価値の創造が期待されています。現在スマートフォンをはじめとしたモバイル機器で収集できるデータの種別は電子情報に加えて位置、加速度（角速度）、温度などの物理的な情報が中心です。これらに加えて私たちの健康状態や周囲の環境（大気汚染など）に密接に関連する化学物質に関する情報が収集できれば、これまでとは全く異なる新たな価値につながる事が予想できます。しかし、携帯機器に搭載できるような分子センサ（化学物質を検出するセンサ）においては、従来技術では長時間の動作でセンサの性能が徐々に悪くなってしまい、大規模データの収集が難しいという大きな問題を抱えていました。そのため、長期間の動作に耐える分子センサ技術が強く求められていました。

【研究の内容】

研究グループは、酸化物材料で構成されるナノワイヤ^{注2}）を分子センサ材料に用いました。また、長時間安定した動作を実現するために、ナノワイヤの電気信号を取り出すための材料（コンタクト層）として、従来の金属（チタンなど）の代わりにナノワイヤと同じ材料である酸化物を用いることを提案しました。酸化物ナノワイヤ分子センサでは、検出対象となる化学物質が酸化物表面で酸化還元反応を起こし、ナノワイヤの電気抵抗値が変化します。この酸化還元反応を起こすためには、センサ部を200℃程度まで加熱する必要があります。つまり、温度の高い過酷な環境で長時間に渡って電気抵抗値の小さな変化を正しく読み取ることが分子センサでは求められます。

研究グループは、酸化物の分子センサ材料として一般的に用いられている酸化錫（SnO₂）のナノワイヤを用いた分子センサを作製し、コンタクト層として従来広く採用されてきた1）チタンおよび本研究で提案した2）アンチモン（Sb）を添加した酸化錫（Antimony-doped Tin Oxide: ATO）を用いました。これら二つのセンサを、センサの動作条件である200℃、大気中に保持したところ、従来のチタンを用いたセンサは数時間で性能（電気抵抗）が著しく劣化することが分かりました。一方、アンチモンを添加した酸化錫を用いたセンサは最低でも2000時間は性能が劣化しないことが明らかになりました。また、本研究で提案したコンタクト層（ATO）の優位性は、環境負荷物質である二酸化窒素（NO₂）の検出性能においても実証されました。チタンを用いたセンサの性能が劣化してしまった理由としては、200℃という高温下でチタンと空気中の酸素が反応し、酸化チタンが形成されてしまったためであると考えられます。これに対して、アンチモンを添加した酸化錫は高温下でも大気中の酸素や水分と反応することはなく、長期間に渡って非常に安定した動作を実現できました。

本研究で実証した分子センサの長期性能の安定化は、センサの下地となる基板の種類を選びません。研究グループは、チタンおよびアンチモンを添加した酸化錫を用いたセンサ素子をフレキシブル基板であるPEN^{注3}）基板上に作製し、同様に本研究で提案したセンサの優位性を示しました。この結果から、本研究で提案する長期動作可能な分子センサ技術が、フレキシブルエレクトロニクス^{注4}）を基盤とするウェアラブルセンサ技術にも適用可能であることが確認できました。

【今後の展開】

本研究では、酸化錫ナノワイヤを用いた分子センサの長期安定性を実証しました。今後は本研究で得

られた知見を他の酸化物材料に拡張し、あらゆる種類の分子センサがIoT機器やビッグデータ収集に適用できるように発展させていきます。また、本研究で従来技術に対する優位性は実証できましたが、あらゆるビッグデータ収集に対して十分な性能を実現するにはまだ課題が残っています。最終的には、分子センサを使用する人が一生涯同じセンサを使えるよう、100年動作し続けるセンサを目標に研究開発を推し進めていきます。

【参考図】

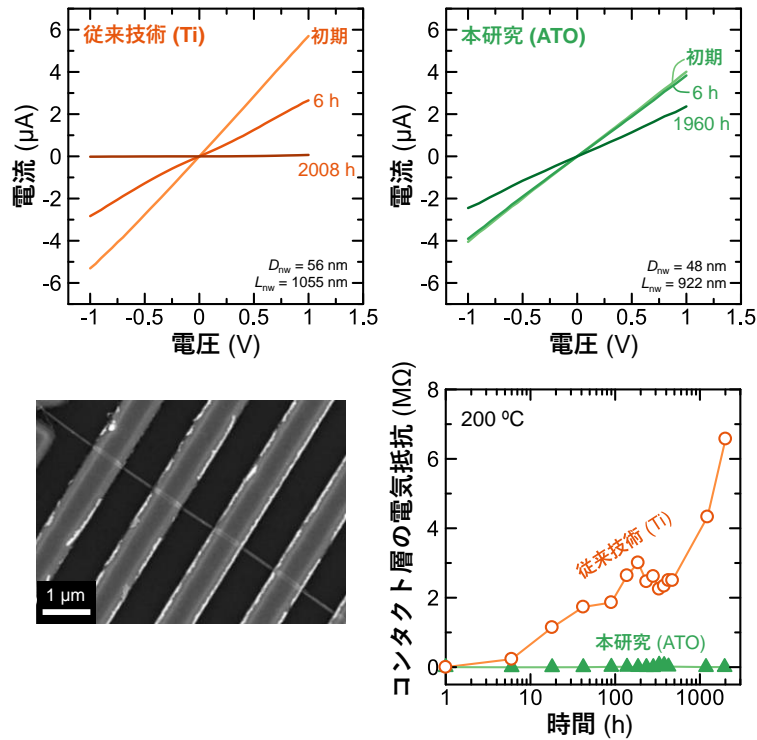


図1 (左上図) 従来技術であるチタンをコンタクト層に用いたセンサの電流と電圧の関係。(右上図) 本研究で提案するアンチモンを添加した酸化錫を用いたセンサの電流と電圧の関係。(左下図) 作製したセンサの電子顕微鏡写真。(右下図) コンタクト層の電気抵抗値とセンサ動作時間の関係。

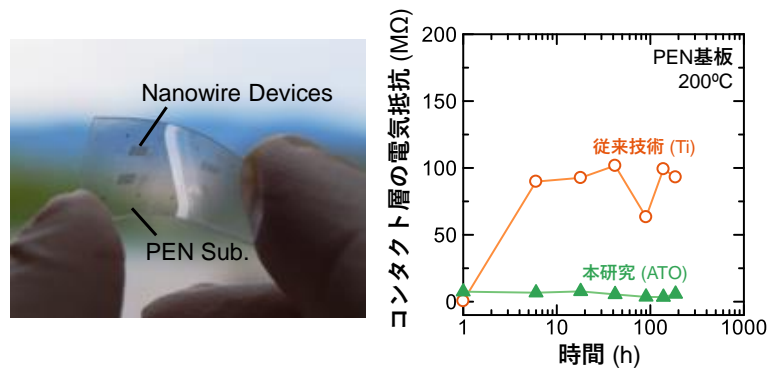


図2 (左図) PEN基板上に作製した分子センサ素子。(右図) PEN基板上に作製した分子センサ素子におけるコンタクト層の電気抵抗とセンサ動作時間の関係。

【用語解説】

注1) IoT

Internet of Things の略。あらゆるモノをインターネットに接続して通信させることで、情報交換・相互制御などを可能にすること。モノのインターネットと訳される。

注2) ナノワイヤ

ナノメートルスケールのワイヤ構造。

注3) PEN

PolyEthylene Naphthalate の略。ポリエチレンテレフタレート。

注4) フレキシブルエレクトロニクス

自由に曲げることのできる材料を用いた電子機器や集積回路一般。

注5) ウェアラブルセンサ

人の体に身につけることのできるセンサ。

【論文情報】

タイトル : Long-Term Stability of Oxide Nanowire Sensors via Heavily-Doped Oxide Contact

著者名 : H. Zeng, T. Takahashi, M. Kanai, G. Zhang, Y. He, K. Nagashima, and T. Yanagida

掲載誌 : ACS Sensors

DOI : 10.1021/acssensors.7b00716

【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

高橋 綱己 (タカハシ ツナキ)

九州大学 先導物質化学研究所 特任助教

〒住所福岡県 春日市 春日公園6-1

Tel : 092-583-7621 Fax : 092-583-8820

E-mail : takahashi.t@cm.kyushu-u.ac.jp

柳田 剛 (ヤナギダ タケシ)

九州大学 先導物質化学研究所 教授

〒住所福岡県 春日市 春日公園6-1

Tel : 092-583-8835 Fax : 092-583-8820

E-mail : yanagida@cm.kyushu-u.ac.jp

<報道担当>

九州大学 広報室

〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡7-4-4

Tel : 092-802-2130 Fax : 092-802-2139

E-mail : koho@jimukyushu-u.ac.jp