

令和4年5月12日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学
宮城県産業技術総合センター
チェスト株式会社

**ナノ材料と人工知能を利用した
高精度の一酸化炭素センサを開発**
～ヒトの呼気による肺疾患の検査・早期診断への応用が加速～

【発表のポイント】

- ◆酸化チタンナノチューブ(注1)のナノ微細構造を検出媒体とする半導体式ガスセンサを開発しました。
- ◆得られた特性に対し、人工知能(AI)の機械学習(注2)を用いた多成分分析により、混合ガス中に含まれる微量な一酸化炭素の濃度を高精度で予測することに成功しました。
- ◆ヒトの呼気に含まれる微量な一酸化炭素は、肺機能に係わる重要なガス成分の一つであり、今後、肺疾患の検査・早期診断への応用研究が加速すると期待されます。

【概要】

ヒトの呼気に含まれる微量な一酸化炭素は、肺機能の状態のバロメーターとなる重要なガス成分の一つです。しかし、医療現場では、呼気中の一酸化炭素濃度を測る検査には、現状10分程度の時間を要するため、肺疾患の検査・早期診断の実現には課題がありました。

東北大学電気通信研究所の但木大介助教、同電気通信研究所／材料科学高等研究所の平野愛弓教授、同電気通信研究所の庭野道夫名誉教授などからなるプロジェクトチームは、酸化チタンナノチューブのナノ微細構造を検出媒体とする半導体式ガスセンサを開発しました。得られたガス検知特性に対し、機械学習を用いた多成分分析を行うことにより、混合ガス中に含まれる微量な一酸化炭素の濃度を高精度で予測することに成功しました。本方法の適用により、検査時間を従来の1/10以下にまで短縮できると見込まれ、今後、肺疾患の検査・早期診断への応用研究が加速すると期待されます。

本成果は、2022年6月15日に、「センサーズ・アンド・アクチュエーターズ B (Sensors and Actuators B)」に掲載されます。なお、本研究は、JST A-STEPの助成を受けて行われたものです。

【画像】

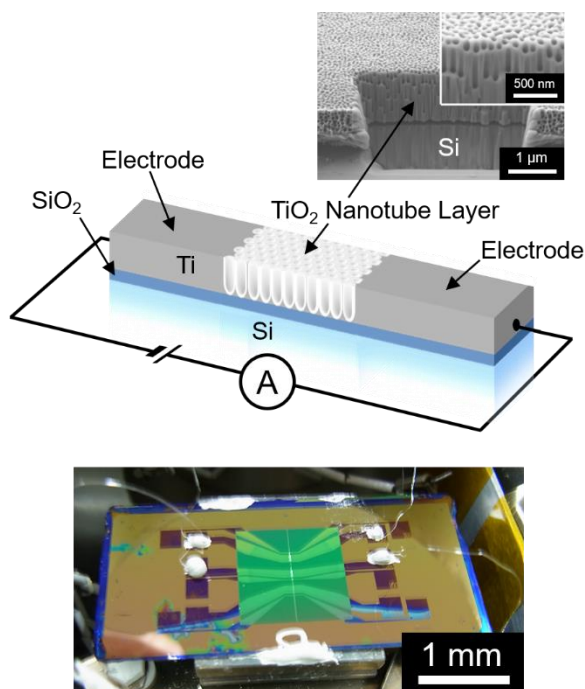


図. (上)酸化チタンナノチューブ型ガスセンサの模式図、(下)同センサの写真
写真中の基板には計 6 個のセンサが搭載されており、緑色領域内の中央付近を縦に通る細長い領域(幅 0.025 mm)に酸化チタンナノチューブ(ガス検知部)が形成されている。

【論文情報】

雑誌名: Sensors and Actuators B (センサーズ・アンド・アクチュエーターズ B)

論文タイトル: Application of neural network based regression model to gas concentration analysis of TiO₂ nanotube-type gas sensors (酸化チタンナノチューブ型ガスセンサのガス濃度分析に対するニューラルネットワーク回帰モデルの適用)

著者: Kazuki Iwata, Hiroyuki Abe, Teng Ma, Daisuke Tadaki, Ayumi Hirano-Iwata, Yasuo Kimura, Shigeaki Suda, Michio Niwano (岩田一樹、阿部宏之、馬騰、但木大介、平野愛弓、木村康男、須田茂明、庭野道夫)

DOI 番号: 10.1016/j.snb.2022.131732

【詳細な説明】

ガスセンサは、窒息や爆発の危険性を伴う作業現場でのガス検出(環境・安全分野)や、肺疾患の早期診断のための呼気検査(医療健康分野)への活用といった、私たちの生活基盤を幅広く支えるための重要なセンシングデバイスです。

東北大学電気通信研究所の但木大介助教らのプロジェクトチームは、これまで、酸化チタンナノチューブと呼ばれるナノスケールの微細構造を検出媒体とする半導体式

ガスセンサを開発し、水素や一酸化炭素といった特定のガス種に対する高感度検出（検出限界：1-10 ppm）を実現してきました。しかしながら、これを医療健康分野の製品へと適用するためには、混合ガス中の特定ガスの検出（ガス選択性の獲得）や、ガス検出までに掛かる時間（応答時間）の短縮化といった面で課題がありました。特に、前者においては、半導体式センサの検出原理が、検出媒体（私たちのセンサでは酸化チタンナノチューブ薄膜）表面での酸素の吸着・脱離に伴って生じる、半導体層の電気抵抗変化であるため、1個のセンサではガス選択性をもつことができません。これは、例えば、還元性ガスである一酸化炭素は表面酸素の脱離、酸化性ガスである酸素は酸素の表面吸着をそれぞれ促すため、電気抵抗は複雑に変化し、解析が困難となるためです。

そこで、同プロジェクトチームは、4種（一酸化炭素・ヘリウム・酸素・窒素）混合ガスを対象ガスとして用い、かつ各成分濃度比を変えた複数パターンの混合ガスに対し、複数個のセンサが検知した各特性を、ニューラルネットワーク（注3）に基づく機械学習で解析しました。その結果、微量な一酸化炭素の濃度（0.02%）を高精度（平均絶対誤差 0.0006%p）で予測することに成功しました。これは市販の電気化学式ガスセンサの検出精度と同等、もしくはそれを上回る水準となります。また、今回の機械学習では、電気抵抗が変化する瞬間の傾き量を説明変数としているため、僅か数秒間のうちにデータを取得することができます。つまり、電気抵抗が変化し切って一定になるまでの時間（数10-100秒）を待つ必要がないため、応答時間の課題をも克服できると考えられます。

今回測定対象とした微量濃度の一酸化炭素は、ヒトの呼気に含まれ、肺機能に係わる重要なガス成分の一つです。この濃度を短時間で予測できたことは、今後の肺疾患の検査・早期診断への応用研究を加速させていく上での重要な成果となります。

【用語解説】

（注1）酸化チタンナノチューブ：

酸化チタンを材質とする太さ数10ナノメートル（1ナノメートルは1mmの100万分の1）の筒（チューブ）状の微細構造であり、膜上面からはハチの巣状に見える。陽極酸化と呼ばれる電気化学的手法で作製される。筒内部の側壁の存在により、ガスセンサとしてのガス検知に係わる表面積を大幅に増やすことができる。

（注2）機械学習：

データ分析法の一つであり、データから反復的に学習し、そこに潜むパターンを見つけて出す手法である。そして学習した結果を新たなデータに当てはめることで、パターンに従って数値予測することができる。

（注3）ニューラルネットワーク：

人間の脳神経系のニューロンを数理モデル化したもの。多数のニューロンが接続され

て複雑な情報処理を行っている人間の脳の仕組みから着想を得たもので、脳機能の特性のいくつかをコンピュータ上で表現するために作られた数理モデルである。

【研究支援】

本成果は、2022年6月15日に、「センサーズ・アンド・アクチュエーターズ B (Sensors and Actuators B)」に掲載されます。なお、本研究は、JST A-STEP の助成を受けて行われたものです。

【問い合わせ先】

○研究に関すること

東北大学 電気通信研究所

助教 但木 大介 (ただき だいすけ)

電話:022-217-5502

E-mail: daisuke.tadaki@tohoku.ac.jp

○報道に関すること

東北大学 電気通信研究所

総務係

電話:022-217-5420

E-mail: riec-somu@grp.tohoku.ac.jp