

# ニュース解説

## ◆今月のニュース解説

1,024 個の堅ろうな分子センサを 1 チップに集積化

——多種分子群を識別する小形・低消費電力センサの実現に期待——

1,024 Integrated Robust Molecular Sensors on a Chip : Small and Low Power Consumption Sensors to Identify Various Molecules

### 1,024 個の堅ろうな分子センサを

### 1 チップに集積化

——多種分子群を識別する小形・低消費電力センサの実現に期待——

東京大学及び慶應義塾大学の研究グループは、共同で 1,024 個の堅ろうな金属酸化物ナノ薄膜分子センサを  $1\text{ cm}^2$  以下の面積に集積化したセンサアレーチップを開発し、 $1\text{ cm}^2$  以下の領域における空気中の分子の濃度分布を可視化することに成功した。

空気などの気体に含まれている分子（揮発性分子群）を電気信号として検出する分子センサは、ヘルスケアや食品管理、農業・工業生産管理といった幅広い応用分野で注目を集めている。検出対象となるガスには数十から数百種類程度の分子が含まれていることから、これらのガスの検知には多数のセンサを集積化する必要がある。

この集積化されたセンサ群には、小形・低消費電力に加えて、長期間データを取得し続けられる長期安定性が求められる。しかし、従来技術では高密度集積化と長期間安定性を両立したセンサアレー技術は開発されていなかった。

本研究では、高温下でも劣化せずに分子の検出が可能な金属酸化物半導体を、理想的な集積化が可能なクロスバ構造に配置したセンサアレーの開発により高密度集積と安定性の両立を実現している。本センサの特徴は、横形チャンネル構造により、センサの表面積／体積比とセンサの電気抵抗を大きくできる点であり、これらによって効率的な分子検出と多数センサの集積化を実現している。図 1 に作製したセンサアレーチップと測定システムを示す。本研究では 1 辺 32 本の電極を有するクロスバ構造により、1,024 個の分子センサを  $5\text{ mm}$  四方程度の面積に集積化している。また、1,024 個のセンサの電気抵抗値を  $1\text{ s}$  以下で計測するアナログフロントエンド回

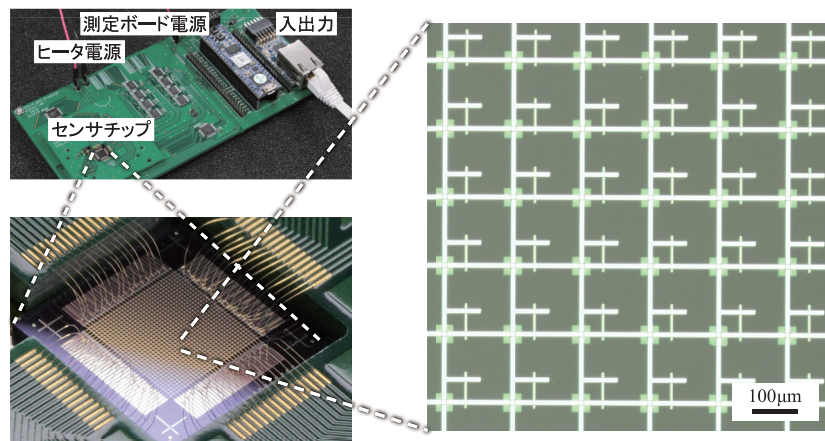
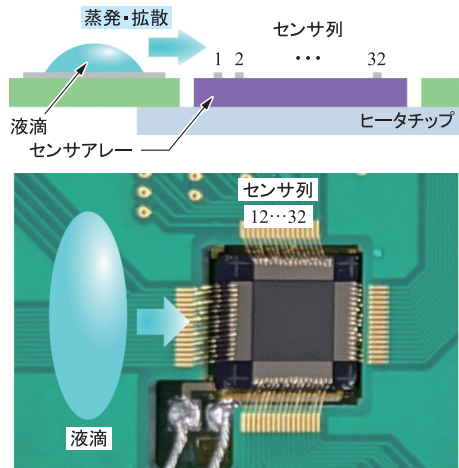
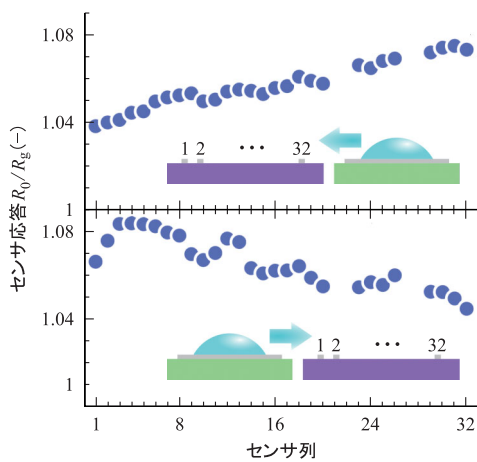


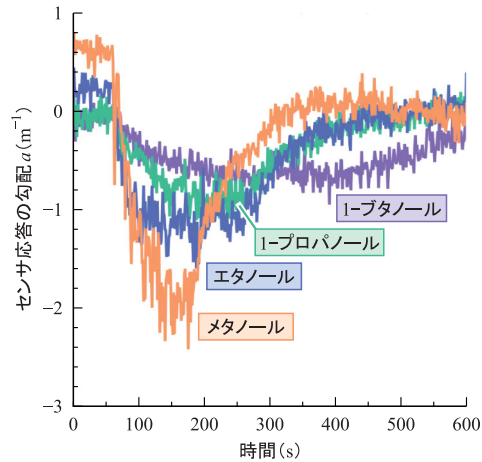
図 1 本研究で開発したアナログフロントエンドセンサ計測システム (左上), システムに実装したセンサアレーチップの写真 (左下), 及びセンサアレーチップの拡大顕微鏡写真 (右).



(a) 液滴から蒸発・拡散させた分子をセンサアレーで検出する実験の模式図と写真



(b) 蒸発・拡散してきたエタノールに対するセンサ応答とセンサ列の関係



(c) (b)のセンサ応答の勾配(傾き)と各種液滴滴下後の時間の関係

図2 開発したセンサアレーチップによる液滴からの揮発分子計測 (a) 液滴から蒸発・拡散させた分子をセンサアレーで検出する実験の模式図と写真. (b) 蒸発・拡散してきたエタノールに対するセンサ応答とセンサ列の関係. 液滴に近いセンサほど高い応答が得られている. (c) (b)のセンサ応答の勾配(傾き)と各種液滴滴下後の時間の関係. 60 s 時点で液滴を滴下している. 勾配の時間依存性が分子の種類に応じて異なる傾向を示している.

路を開発し、横形チャンネル構造と併せることで配線の電気抵抗の影響を抑え、電気抵抗の正確な計測を実現した。長期間安定性については、極めて安定であることが知られている金属酸化物をセンサチャンネル及び電極の両方に採用することで、500℃の熱負荷後においても電気特性が劣化しないセンサの開発に成功した。

開発したセンサアレーシステムを用いて、センサの近傍から蒸発・拡散してくる分子の検出を行っている。図2(a)に示すように、センサチップの隣にアルコールの液滴を配置すると、蒸発し、気体としてセンサチップ上に拡散する。1,024個のセンサアレーでこの気体を検知することで、液滴に近い部分ではセンサが大きく応答し、遠い部分では小さく応答する結果を得た(図2(b))。こ

のセンサ応答の勾配を解析することで、蒸気圧に応じた分子の種類を判別できる可能性を示している。

本研究は米国科学誌 ACS Sensors (2022年1月23日)に掲載された。本研究の成果を基に、センサチャンネル表面の化学物性を制御する技術を融合することにより、多種類の分子が混合された分子群の判別ができるようなセンサシステムの実現が期待される。

(2022年4月1日受付 2022年4月20日最終受付)

[関連記事] 日本経済新聞電子版, 2022.1.24.

[取材協力] 柳田 剛 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻

(担当委員 竹中 充)