## Au ナノシートを用いた小型・低エネルギー硫化水素センサ Small-size and low-power hydrogen sulfide sensors using Au nanosheets 東大エ 〇(D1)加藤 太朗,田中 貴久,内田 建 Dept. of Materials Eng., The University of Tokyo 〇T. Kato, T. Tanaka, K. Uchida E-mail: kato@ssn.t.u-tokyo.ac.jp, uchidak@material.t.u-tokyo.ac.jp

【背景および目的】硫化水素は、石油/天然ガスの精製工場、下水処理場、食品倉庫、畜産農場な ど様々な環境に存在し、その毒性の高さから、許容濃度である5ppm 未満を正しく高速に検知で きることが求められる[1]. 既存の硫化水素センサには酸化物半導体式や電気化学式センサが存在 するが、いずれの方式でも、分子選択性あるいは管理コストに課題があった.そこで、我々は、 金属ナノシート表面に分子が化学吸着すると電気抵抗が変化する現象をガス検出に応用し、Auナ ノシートを用いた硫化水素センサを実証した[2]. Au ナノシートを外部ヒータで 225 ℃以上に昇温 してセンサ動作させることで、水素との選択性、反応の高速化、脱離による抵抗の回復ができる ことを示した.

今回,金属ナノシートガスセンサの低消費電力化に向けて,ジュール加熱による昇温に着目した[3].印加電圧を変化させることで高速かつ局所的な温度変化を実現でき,またナノシートを微細化することで消費エネルギーを低減できる.今回,幅5µmにまで微細化したAuナノシートについて,ジュール加熱による昇温動作によって硫化水素の低濃度検知に成功したので報告する.

【実験方法】バルク Si 基板に熱酸化で SiO<sub>2</sub> 1µm を成膜した上に,高周波スパッタリング法で TiN/Au: 2/12 nm のナノシートを幅 5 µm,長さ 25 µm のチャネル部として形成した.その後,Cr/Au: 5/100 nm の電極パッドを形成し,2 端子のセンサ素子を完成した.ステージ温度(周囲温度)を 室温に保った状態で,流量 300 sccm の乾燥空気に曝し,抵抗が安定した後に硫化水素 4.2 ppm を 含有する乾燥空気へ 15 秒曝露した.センサ応答は抵抗変化率で評価した.

【結果と考察】はじめに有限要素シミュレーションによりセンサ部の温度上昇を見積もった. Fig. 1 に、印加電圧を変化させたときの温度上昇を COMSOL[4]で計算した結果を示す. Au ナノシートに 1.0 V 印加したときに、中心温度が 225 ℃以上になっていることが確認される. Fig. 2 には 1.0 V 印加時の温度分布を示しており、Au ナノシートのみが局所的に昇温されていることがわかる. Fig. 3 に印加電圧 V<sub>D</sub>を 0.5 V から 1.0 V まで変化させたときのセンサ応答を示す. V<sub>D</sub>に比例した Au ナノシートの温度上昇に伴って、センサ反応の高速化および感度の増大が確認された. また、V<sub>D</sub>が 0.8 V以下の時には、吸着した硫化水素の脱離に必要な 225 ℃以上まで上昇していないため、硫化水素への曝露を止めた後も抵抗が回復していない. 一方で、1.0 V 印加時には、曝露を止めた後に抵抗が回復する様子が確認された. これらの結果より、Au ナノシートを用いた硫化水素センサを、ジュール加熱によって昇温し、動作速度などの性能向上が可能なことが示された.

**謝辞**:本研究の一部は, JST-CREST(JPMJCR19I2)および科研費(19H00756)の支援を受けたものである.

[1] S. K. Pandey *et al.*, *Trends Analyt. Chem.*, **32**, 87 (2012). [2] 加藤太朗ら, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-Z18-11, (2021). [3] T. Tanaka *et al.*, *IEEE Trans. Electron Devices*, **66**, 12 (2019). [4] https://www.comsol.jp/



Fig. 1: Time dependence of temperature increase at the center of Au nanosheets for various  $V_{\rm D}$ .



**Fig. 2**: Numerically simulated temperature profile around the Joule-heated Au nanosheets. The input voltage is 1.0 V.



Fig. 3: Time evolution of sensor response to  $H_2S$  for various input voltages  $V_D$  from 0.5 V to 1.0 V.