

原子拡散を用いた p-n 接合 CuO ナノワイヤの作製とセンサ性能評価

Evaluation of CuO Nanowire Sensors with p-n Junctions Prepared by Atomic Migration

東北大学大学院工学研究科 ○木村 由斉, 燈明 泰成

Graduate School of Engineering, Tohoku University, °Yoshinari Kimura and Hironori Tohmyoh

E-mail: yoshinari.kimura.a5@tohoku.ac.jp

酸化物半導体ナノ構造を用いた化学センサは、小型・集積化が容易、高感度・高速な分子検知が可能などの利点を持つ一方、実用化には検知分子選択性の改善が求められる。p-n 接合は酸化物半導体化学センサの性能向上に貢献するが、複数のプロセスを経て作製されることが一般的である[1]。他方、我々は原子拡散現象を利用して、加熱により簡単に CuO ナノワイヤを作製できることを報告した[2]。このプロセスでは初期に形成される酸化層が重要となるが、そこに酸化物半導体層を使用することで、p-n 接合とナノワイヤを実現できうる[3, 4]。そこで本研究では、原子拡散現象を用いて p-n 接合 CuO ナノワイヤを作製し、その溶液センサ性能を評価した。

図 1 に CuO/TiO₂ を有する CuO ナノワイヤのセンサ測定模式図を示す。熱酸化膜付きシリコン基板の上に Ta(密着層), Cu, TiO₂ をスパッタリングにより成膜した。その後、電気炉を用いて 400°C, 5 時間で加熱することによりナノワイヤを形成した。最後に Ag 電極を導電性ペーストにより塗布することにより、CuO センサと CuO/TiO₂ センサを作製した。センサ測定は測定温度 30°C にて、センサ表面に 100 μ L のエチレングリコール(EG)溶液を滴下した際の、電流変化を測定した。

図 2 に 0.2, 10 vol%濃度の EG 溶液を滴下した際の、大気中(I_{Air})と溶液中(I_{EG})の電流比の時間応答を示す。CuO/TiO₂ の有無によらず、EG 溶液滴下後に電流は減少し、その後飽和した。EG 溶液による電流変化は、CuO センサでは 0.2 vol%濃度、CuO/TiO₂ センサでは 10 vol%濃度の方が大きかった。センサ性能の EG 濃度依存性を図 3 に示す。溶液滴下後、電流が飽和するまでに要した応答時間は、CuO センサでは EG 濃度増加により 330 秒から 134 秒に減少した一方、CuO/TiO₂ センサでは約 200 秒であり EG 濃度に依存しなかった。対照的にセンサ感度は CuO センサでは約 1.3 と EG 濃度によらず一定であり、CuO/TiO₂ センサでは EG 濃度に対して 1.2 から 1.5 に増加した。CuO ナノワイヤ形成時に TiO₂ を用いることで、EG 溶液に対するセンサ性能を変調することができた。これらのセンサ性能の違いを利用した溶液分子の識別や濃度同定について、当日報告する。

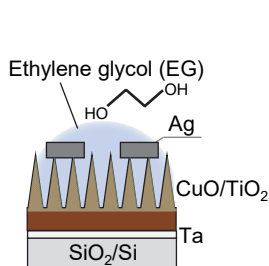


Fig. 1 Schematic diagram of a CuO/TiO₂ sensor.

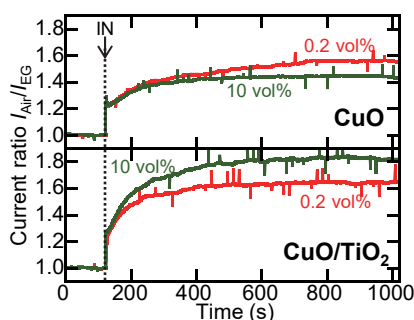


Fig. 2 Time responses of CuO and CuO/TiO₂ sensors for EG solutions.

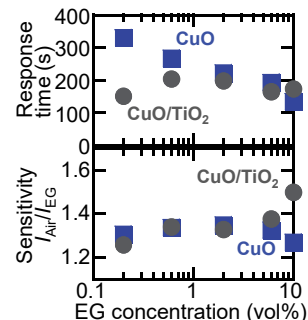


Fig. 3 Response time and sensitivity for EG solutions.

【謝辞】本研究が科学研究費補助金 22H01350, 23K13360 によったことを記し、敬意を表します。

【参考文献】 [1] M. Mathew, *et al.*, J. Mater. Sci., **56**, 9575 (2021). [2] Y. Kimura and H. Tohmyoh, *Scr. Mater.*, **210**, 114469 (2022). [3] Y. Kimura and H. Tohmyoh, *J. Appl. Phys.*, **133**, 114302 (2023). [4] Y. Kimura and H. Tohmyoh, *Langmuir*, **40**, 1079 (2024).