

ナノ界面設計による酸化物ナノワイヤ分子センサの高信頼化

Highly-Reliable Oxide Nanowire Chemical Sensors by Designing Nanomaterial Interfaces

¹九大 先導研, ²九大 総理工

○高橋 綱己¹, Hao Zeng², 中村 健太郎², 金井 真樹¹, Guozhu Zhang¹, 長島 一樹¹, 柳田 剛^{1,2}

¹IMCE, Kyushu Univ., ²Eng. Sci., Kyushu Univ.

°T. Takahashi¹, H. Zeng², K. Nakamura², M. Kanai¹, G. Zhang¹, K. Nagashima¹ and T. Yanagida^{1,2}

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

【背景および目的】 近年、呼吸をはじめとした生体ガス測定に基づく疾病の早期診断や毒物検知などに向けて、気相中の分子を電気的に検出する分子センサが盛んに研究されている。中でも金属酸化物ナノワイヤを用いた分子センサは小型・高感度かつ低消費電力[1]であることから、IoT 化が進む社会との親和性は非常に高い。IoT 化されたセンサでは長期間に渡る大量データの取得と解析が前提となるため、センサ応答の長期安定性は感度や消費電力と並ぶ本質的な要求項目である。しかし、周囲の環境に曝される必要がある分子センサデバイスでは信頼性と感度の両立は根源的な課題であり、物理センサなどで用いられる保護膜による特性安定化も適用できない。このようなナノ分子センサでは、界面特性、すなわちナノワイヤと電極のコンタクト界面特性の安定性がセンサデバイス全体の信頼性を決定すると考えられる。本研究では、酸化物ナノワイヤと電極間の界面特性を材料設計や熱処理によって改善し、センサ特性の長期安定化を実現したので報告する。

【実験方法】 ZnO および SnO₂ ナノワイヤをそれぞれ水熱合成法、pulsed laser deposition (PLD) 法によって成長し、4 端子素子を作製した。ナノワイヤと電極のコンタクト材料として、ZnO ナノワイヤに対しては Pt を、SnO₂ ナノワイヤに対しては Ti および Sb を添加した SnO₂ (Antimony-Doped Tin Oxide: ATO) を用いた。作製した素子の電気特性・センサ応答の経時特性を 4 探針法によって測定し、長期安定性に対する熱処理条件およびコンタクト材料の影響を評価した。

【結果および考察】 熱処理によって ZnO ナノワイヤの光ルミネッセンス (PL) 特性の経時変化が抑制されることがわかった。PL 特性は ZnO 結晶中の広義の不純物と関連するため、熱処理によって結晶の再構成が起こり、化学的安定性が向上したと考えられる。さらに、真空中熱処理後は ZnO ナノワイヤと Pt 電極間のコンタクト抵抗率 (ρ_c) の長期安定性が著しく向上することを見出した (図 1)。

SnO₂ ナノワイヤに広く用いられている Ti コンタクトでは分子センサ動作条件 (200°C, 大気中) において素子特性が数時間で急激に劣化するのに対し、酸化物 (ATO) コンタクトでは少なくとも 2000 時間近く特性が変化しないことがわかった[2]。これは、Ti が高温・酸素雰囲気中で容易に酸化されるのに対し、ATO は同条件下でもきわめて安定であることに起因する (図 2a)。さらに、分子センサ特性評価によって、ATO コンタクト SnO₂ ナノワイヤセンサでは応答の長期安定性が劇的に改善されることを示した (図 2b)。本手法は他の材料系にも適用できるため、ナノ分子センサの応用展開に広く貢献する。

[1] G. Meng, TT et al., ACS Sensors, 1, p. 997 (2016).

[2] H. Zeng, TT et al., ACS Sensors, 2, p. 1854 (2017).

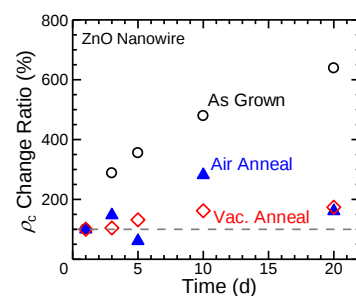


図 1: ZnO ナノワイヤのコンタクト抵抗率の経時特性.

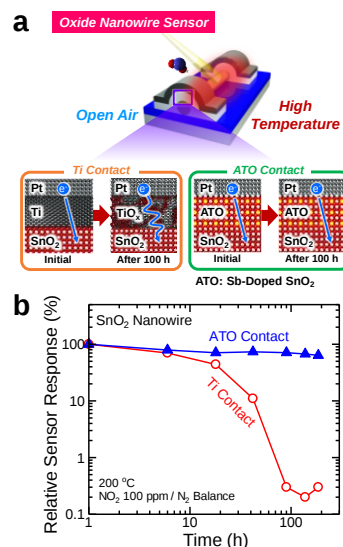


図 2: SnO₂ ナノワイヤにおける、(a) 酸化物コンタクトと従来の金属コンタクトの比較. (b) センサ感度の経時特性.