

大気中分子 - ZnO ナノワイヤ/Pt 界面間相互作用の解明に基づく デバイス特性の高信頼化

Impacts of annealing on ZnO/Pt junctions and improvement of long-term stability of ZnO nanowire devices

九大総理工¹, 九大先導研² (M2) 中村 健太郎¹, 高橋 綱己², 金井 真樹², Zhang Guozhu²,
細見 拓郎², 長島 一樹^{1,2}, 柳田 剛^{1,2}

Eng. Sci. Kyushu Univ.¹, IMCE Kyushu Univ.², K. Nakamura¹, T. Takahashi², M. Kanai²,
Z. Guozhu², T. Hosomi², K. Nagashima^{1,2}, T. Yanagida^{1,2}

E-mail: 2ES17129S@s.kyushu-u.ac.jp

【はじめに】 水熱合成法で成長した単結晶 ZnO ナノワイヤは、金属酸化物特有の機能物性や化学的安定性を有し、低温・大規模成長が可能であることから、次世代のエレクトロニクス材料として注目されている[1]。一方、応用展開で必要不可欠なデバイス性能の長期安定性についての知見は不十分である。本研究では、Pt 電極を用いた単結晶水熱合成 ZnO ナノワイヤデバイスの電気特性を長期間に渡り評価し、ナノワイヤに熱処理を行うことで長期安定性を劇的に改善することを見出した。

【実験】 単結晶 ZnO ナノワイヤを ZnO 薄膜/SiO₂/Si 基板上で成長させた。成長直後の ZnO ナノワイヤを 600°C で大気または真空 (1.0×10⁻³ Pa 未満) 下で 1 時間熱処理した。その後 Pt 電極を RF スパッタリングおよび電子ビームリソグラフィ技術を用いて形成した。作製されたサンプルを大気、真空、N₂、O₂、CO₂ 中で保管し、数日おきに電気抵抗を測定した。ナノワイヤ表面を X 線光電子分光分析 (XPS)、赤外分光分析 (FT-IR) および電界放出走査電子顕微鏡を用いて評価し、ナノワイヤ抵抗率 (ρ_{nw}) および接触抵抗率 (ρ_c) を室温下の 4 探針法によって測定した。

【結果および考察】 これまでの研究で、熱処理を行わない ZnO ナノワイヤデバイスは大気中において接触抵抗が 10 倍程度まで経時的に増加し、デバイスの長期間安定動作は難しいことが分かっている[2]。この原因特定のため保管雰囲気を制御し、デバイスの長期特性を測定した結果、CO₂ 中においてのみ著しい抵抗増大が観測された (Fig.1)。そこで CO₂ 中で保管した ZnO ナノワイヤアレイの赤外分光分析を行なったところ、1400~1600 cm⁻¹ 付近に炭酸亜鉛 (ZnCO₃) 由来のピークが観測された。これは、ZnO ナノワイヤ表面に ZnCO₃ が形成されることで界面抵抗の増大、つまりデバイスの高抵抗化が起こっていることを強く示唆している。ZnO と CO₂ の反応では、ZnO 表面の OH 基が反応の起点となり得る。この表面 OH 基を XPS 分析によって評価したところ、熱処理によって表面 OH 基密度が低減できることが明らかになった。電気特性評価においても、熱処理を施した ZnO ナノワイヤデバイスは大気中での抵抗変化が非常に小さく、熱処理による長期特性の劇的な向上に成功した。本研究で明らかにした大気中分子と ZnO ナノワイヤの反応過程とその抑制によるデバイスの長期安定化技術は、分子センサを含む酸化物ナノワイヤの幅広いエレクトロニクス応用展開にきわめて有用である。

[1] S. Xu and Z.L. Wang, Nano Res. 4, 1013 (2011).

[2] 中村健太郎 他、第 65 回応物学会、19a-F104-7。

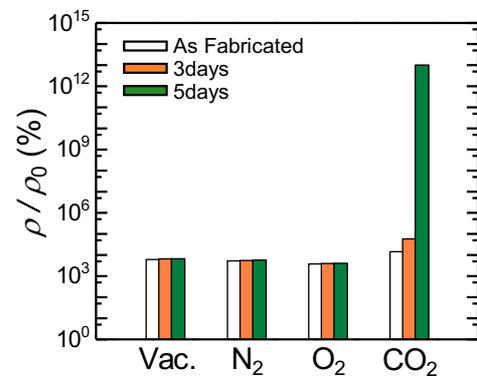


Fig.1 Temporal ratio change of resistance stored in vacuum, N₂, O₂ and CO₂ gas.

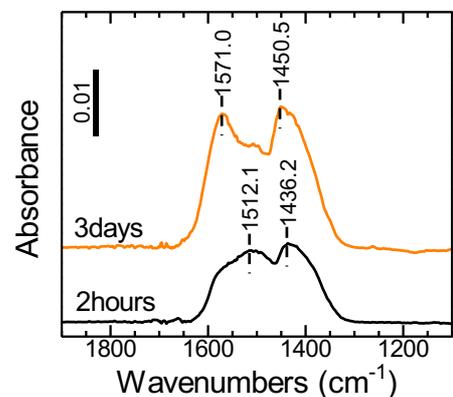


Fig.2 FT-IR spectrum of ZnO nanowires stored in CO₂ gas.