

単結晶 ZnO ナノワイヤの表面準位を活用した 肺がんマーカー分子を超高感度で識別するナノワイヤ FET 分子センサ

Highly Sensitive Detection of Lung Cancer Marker using Surface State Modulation Effect onto
Organic-Oxide Nanowire Hybrid Nanowire FET Sensor

九大先導研¹, 東大総合², 慶大理工³, Yong He¹, 長島 一樹¹, 高橋 綱己¹, Guozhu Zhang¹,
金井 真樹¹, 寺尾 潤², 内田 建³, ○柳田 剛¹

Kyusyu Univ.¹, Univ. Tokyo², Keio Univ.³ Y. He¹, K. Nagashima¹, T. Takahashi¹, G. Zhang², M.
Kanai¹, J. Terao², K. Uchida³, ○T. Yanagida¹

E-mail: yanagida@cm.kyushu-u.ac.jp

【緒言】近年、人の呼気成分と疾病との関連性が解明されつつあり、非侵襲の新しい健康診断法である呼気診断へ向けたセンサデバイスの開発が現在世界中で展開されている。呼気中に数多く存在する揮発性有機化合物(VOCs)を電気的に検出・識別するセンシング技術の開発が呼気診断実現の鍵となるが、一般に呼気中の疾病マーカー分子の VOCs 濃度は極めて低く(数～数百 ppb オーダー)、マーカー分子と構造・化学的特性が極めて類似した分子群が存在するため、センサデバイスを用いて疾病マーカー分子のみを選択的に検出・識別することは極めて困難であった。本研究では、表面有機修飾された自己組織化酸化物ナノワイヤ電界効果トランジスタ(FET)センサにおける選択的分子濃縮効果、及び表面準位変調効果を利用した全く新しいセンシング原理により、肺がんマーカーであるノナールの選択的・超高感度検出に成功したので報告する。

【実験】水熱合成法により作製した酸化亜鉛(ZnO)ナノワイヤを用いて、単一ナノワイヤ FET センサ素子を電子線描画により構築した。次いで、ナノワイヤセンサ表面上に表面分子修飾を行った。各種温度条件においてノナール、ヘキサナール、プロパナール、アセトアルデヒド、アセトンに対するセンシング特性を評価した。作製したナノワイヤ及びセンサ素子の形状、結晶構造、分子吸着状態、ターゲット分子吸着量、表面欠陥状態を FESEM、XRD、TEM、FTIR、GC-MS、PL によりそれぞれ評価した。

【結果】ODPA 修飾された ZnO ナノワイヤ FET センサのノナールセンシング(250ppb)において、3 桁以上もの巨大な電気抵抗変化が観測された。GC-MS を用いたノナール吸着量評価、ノナール吸着前後における FET の伝達特性及び PL 強度の変化から、上記の巨大電気抵抗変化が①ODPA によるノナール分子の捕集・濃縮効果、及び②ノナール吸着に伴う ZnO ナノワイヤの表面準位変調による FET 特性の劇的な改善効果に起因することが明らかとなった。本現象を利用することにより、従来困難であった超低濃度ノナール(18ppb)の検出に成功した。更に種々の表面分子材料(ODPA-C18、DPA-C10、BPA-C4、MPA-C1)におけるセンシング特性を検証した結果、表面修飾有機材料を選定することにより選択的にノナール分子を検出可能であることを見出した。本研究で得られた一連の結果は、センサデバイスを用いた呼気診断実現へ向けてその礎となる重要な知見である。

