

ウェアラブル皮膚アセトン測定に向けた WO₃ ナノ粒子半導体ガスセンサの研究

Studies on semiconducting gas sensors with WO₃ nanoparticles for wearable skin-emitted acetone detection

○山田 祐樹^{1,2}, 松井 裕章¹, 山原 弘靖¹, 檜山 聡², 田畑 仁¹

(1. 東大工, 2. NTTドコモ)

○Yuki Yamada^{1,2}, Hiroaki Matsui¹, Hiroyasu Yamahara¹, Satoshi Hiyama², and Hitoshi Tabata¹

(1. UTokyo, 2. NTT DOCOMO, INC.)

E-mail: yamada@bioxide.t.u-tokyo.ac.jp

目的: 皮膚表面から放出されるアセトン (皮膚アセトン) は体脂肪の燃焼マーカーとして知られており, ウェアラブルデバイスで日常的に皮膚アセトン測定することができれば, ダイエットや健康管理に有効である. しかし, 皮膚アセトンの放出濃度は単位時間あたり数〜数十ppb (parts per billion) と極微量であるため, 測定にはガスクロマトグラフィー装置などの大型分析器や濃縮機構[1]が必要であった. WO₃ナノ粒子を用いた半導体ガスセンサは, ウェアラブルデバイスへの実装とガスセンサ単体での皮膚アセトン測定を可能とすることが期待されるが, アセトン測定下限に対する粒径の影響やインピーダンス変化のメカニズムが明らかにされていない. そこで本研究では, 粒径10nm前後の異なるWO₃ナノ粒子を用いた半導体ガスセンサを作製し, アセトンガスに対するインピーダンス変化と測定下限を評価した.

実験: 高周波熱プラズマ法を用いて7, 13, 18 nmと粒径が異なる3種類のWO₃ナノ粒子を作製した(Figure 1). 楕形電極上にWO₃ナノ粒子を分散させた溶液を塗布・乾燥し, 電気炉で400℃, 1時間の焼成を行うことで, WO₃ナノ粒子を用いた半導体ガスセンサを作製した. 作製したガスセンサが入った密閉されたバイアル瓶に空気で希釈したアセトンガスを注入し, インピーダンス測定を行った.

結果: 3種類のガスセンサともにアセトン濃度が増えるにつれて, インピーダンスが小さくなることが確認できた. ナノ粒子を用いた半導体ガスセンサのモデル回路をもとにフィッティングを行った結果, インピーダンスの変化はナノ粒子中心のバルクの抵抗成分やナノ粒子表面に酸素が吸着することによって形成された空乏層のキャパシタ成分の影響は非常に小さく, ナノ粒子界面の抵抗成分の影響が支配的であることがわかった. また, 10nm前後ではアセトン測定下限に対する粒径の影響は大きくないが, 粒径が小さい方がナノ粒子界面の抵抗値変化が大きいことがわかった. なお, 作製した粒径7 nmのWO₃ナノ粒子を用いたガスセンサは皮膚アセトン放出濃度と同程度である14 ppbの測定下限を達成し(Figure 2), 濃縮機構を用いことなくガスセンサ単体での皮膚アセトン測定が可能であることが示された.

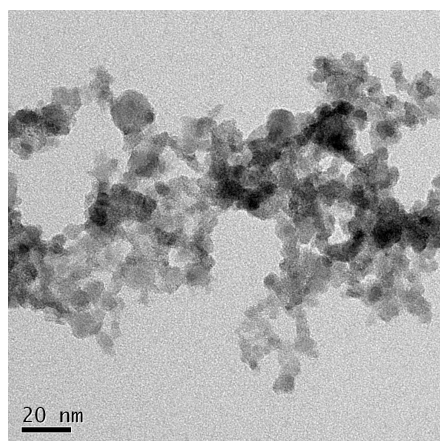


Figure 1. TEM image of WO₃ nanoparticles (7 nm)

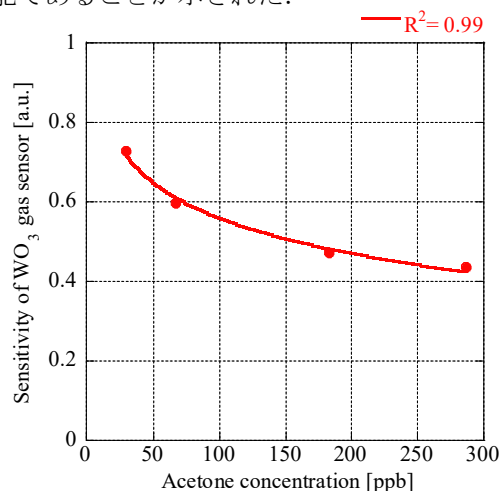


Figure 2. Sensitivity of WO₃ gas sensor (7 nm)

[1] Y. Yamada, et al., Anal. Chem., vol. 87, pp. 7588-7594, 2015.