

水熱合成チタネートナノチューブの電気特性とガスセンシング特性の解析

Analyses of Electrical and Gas Sensing Properties of Hydrothermal Titanate Nanotubes

阪府大院工¹、長岡技科大極限²○石井 将之¹、李 智媛²、寺内 雅裕²、吉村 武¹、中山 忠親²、藤村 紀文¹Osaka Pref. Univ.¹, Nagaoka Univ. of Tech.²M.Ishii¹, J. Lee², M.Terauchi², T.Yoshimura¹, T.Nakayama², N.Fujimura¹

E-mail: tyoshi@pe.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】機能性ナノ材料である水熱合成チタネートナノチューブ(TNTs)は大きな比表面積(200~300m²/g)を有していることから、触媒やケミカルセンサなど表面反応を利用したデバイス応用で有用な材料である。本研究では水熱合成 TNTs の電気伝導特性の解析を行い、得られた知見を用いてそのガスセンシング機構について考察した。

【実験と結果】SiO₂/Si 基板上に、フォトリソグラフを用いて Au/Ti 電極(電極ギャップ: 2~3 μm)を作製した。水熱合成プロセスにより合成した TNT(直径: 8.4nm、長さ: 数百 nm)を超純水中に分散させ、その分散液を試料上に滴下し、誘電泳動を用いて TNTs を電極間に架橋させ TNTs チャンネルを形成した。TNTs に吸着した水分の影響を取り除くため、この素子を石英管内に設置し、純 N₂ ガス雰囲気下で 150°C まで昇温し 40min 保持した後 50°C まで降温し、再度 150°C まで昇温しながら電流(*I*)-電圧(*V*)を測定した。得られた *I-V* の温度依存性を Fig. 1 に示す。電気伝導機構の解析を行った結果[1]、TNT 間に生じるダブルショットキーバリア(DSB)がチャンネルの伝導を支配しており、そのバリア高さ(ϕ_0)は 0.35V で TNT の伝導帯下端とフェルミ準位のエネルギー差(ε_g)は 1.54eV であることがわかった。TiO₂ の ε_g は 0.24eV 以下であることから[2]、他の TiO₂ と比較して TNT は真性半導体に近い特性を有していることが分かった。一方、アニール前の 50°C での ϕ_0 と ε_g はそれぞれ 0.33V、1.45eV であり、どちらもアニール後よりも小さい値であった。このことは、吸着水分が電子供与性を有していることを示している。

また、上記のプロセスで作製した素子に配線を施し 95°C のアニール処理を 30min 行った後、室温におけるガスセンシング特性を調べた。素子を石英管内に設置し、エタノールガスの濃度が 30ppb になるように調整したエタノール/N₂ 混合ガス(E/N ガス)と純 N₂ ガス(N ガス)を交互に 60~80sccm の流量で石英管内に流した。それぞれのガス雰囲気下での *I-V* 測定を行った結果(Fig. 2)、チャンネルへ 50 V 印加時の電流値はエタノールが吸着することで 33.8 倍に増加した。 ϕ_0 と ε_g を算出した結果、エタノールの TNTs への吸着により、 ϕ_0 は 0.36V から 0.21V に、 ε_g は 1.16eV から 1.21eV にそれぞれ変化していることがわかった。この結果から、TNT の高いガスセンシング特性は、エタノールが TNT 間に吸着し ϕ_0 が減少することに起因していることが明らかになった。

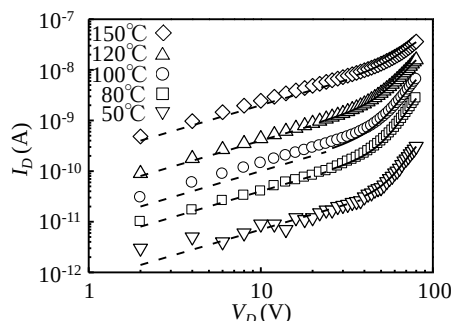


Fig. 1. I_D - V_D characteristics at temperature ranging from 50°C to 150°C, after annealing at 150°C in a N₂ gas atmosphere. The results were fitted by the DSB model [1] (solid line) and Ohmic conduction (broken line).

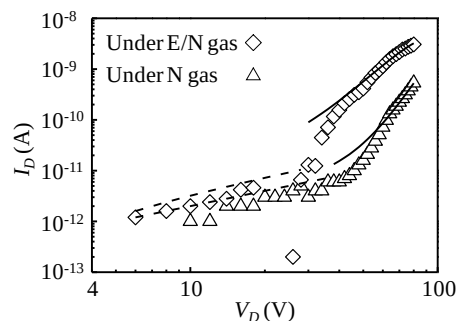


Fig. 2. I_D - V_D characteristics under N gas and E/N gas atmosphere at room temperature.

[1] D. R. Clarke, J. Am. Ceram. Soc. **82**, 485 (1999). [2] P. A. Mini et al, Appl. Phys. A **108**, 393 (2012).