

高温環境下における白金ナノギャップ電極の抵抗変化効果

Resistance switch of Pt Nanogap at High Temperature

千葉工大¹ 物材機構², 産総研³ ○菅洋志¹, 篠村勇磨¹, 塚越一仁², 清水哲夫³, 内藤泰久³

CIT¹, AIST², NIMS³ ○H. Suga¹, Y. Shinomura¹, K. Tsukagoshi², T. Shimizu¹, and Y. Naitoh¹

E-mail: hiroshi-suga@it-chiba.ac.jp

ナノギャップ電極は、数 nm の隙間(ナノギャップ)を 2 つの金属電極で挟んだ構造の電極で、シリコン(Si)基板上に形成される。近年、金(Au)で製作されたナノギャップ電極に 3~10 V 程度の電圧を印加することで、ナノギャップの幅が変化し、抵抗値に高低差が生ずるスイッチ効果が発見され、不揮発性メモリへの応用が期待されている¹⁾。このスイッチ効果は、バンドギャップに関わらず発現するため、既存の半導体素子が機能しない高温環境下でも機能する可能性がある。そこで本研究は、金よりも融点の高い白金(Pt)でナノ電極を製作し、高温環境下におけるスイッチ効果を調べた。

熱酸化層 300 nm の Si 基板上に電子ビームリソグラフィー法と真空蒸着法を用いてパターンされた Pt ナノワイヤー (線幅 400 nm, 長さ 4 μm , 厚さ 40 nm) を通電破断してナノギャップ構造を形成した。²⁾ 1.0×10^{-3} Pa 以下の真空環境下において、電圧印加と微小電流測定を行い、ナノギャップ構造の抵抗値を 100 M Ω 以下の低抵抗状態と 500 M Ω 以上の高抵抗状態になるよう抵抗値を切替えることを試みた。0~8 V の掃引電圧の印加で抵抗値の切り替え、抵抗値は 0.6 V で読み取った。試料直下に配置されたヒーターで試料温度を 25~600 $^{\circ}\text{C}$ に制御した。

図 1 に抵抗変化が起こった確率と加熱温度の関係を示す。図 1 インセットグラフは、複数試料の結果の平均である。抵抗変化確率は、25 $^{\circ}\text{C}$ から 400 $^{\circ}\text{C}$ で 80%以上、600 $^{\circ}\text{C}$ で 50%

程度になった。温度特性にはサンプル依存があり、図 1 に示すような高温で確率が低くなる試料 1(青線)と、高温でも確率を維持する傾向の試料 2(緑線)があった。試料 2(緑線)は 600 $^{\circ}\text{C}$ の環境下でも 80%以上の確率でスイッチ効果を発現した。図 2 に試料 1, 2 の Pt ナノ電極の SEM 像を示す。最近接部の面積において、試料 1 に比べ試料 2 が狭いことから、ナノギャップ形状の違いにより電界集中効果の違いが生じ、局所的に電場が集中する効果が高温下での変化確率の高さに影響したと考えられる。

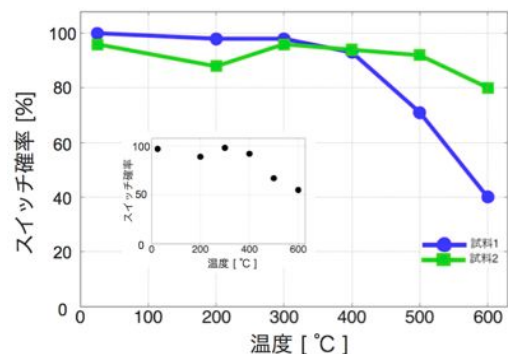


図 1 スイッチ効果の成功確率と加熱温度の関係
インセットは複数の試料での実験結果

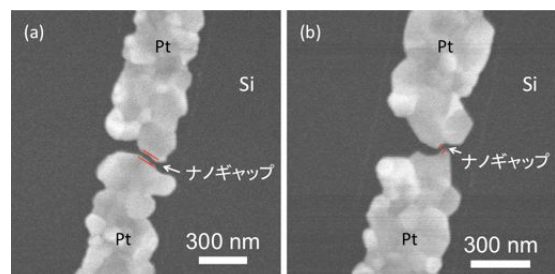


図 2 ナノギャップ電極の SEM 像 (a) 試料 1, (b) 試料 2

参考文献 1) Y. Naitoh et al., Nanotechnology 17, 5669 (2006). 2) H. Suga et al., ACS Applied Materials and Interfaces 4, 5542 (2012).