

ナノ球リソグラフィーを用いた銀イオン制御-分子膜ギャップ型原子スイッチの 安定的多値抵抗変化

Stable analog resistance change of an Ag-ion controlled molecular-gap atomic switch using nanosphere lithography

早大先進理工,[○](M1) 谷本直柔, 長谷川剛

Waseda Univ.,[○]Naonari Tanimoto, Tsuyoshi Hasegawa

E-mail: tanimoto12179@akane.waseda.jp

はじめに:分子膜ギャップ内で金属フィラメントが生成・消滅することにより動作する分子膜ギャップ型原子スイッチは、最近アナログ的な抵抗変化を示すことが報告され[1]、脳型コンピュータにおけるシナプス動作素子としての利用が期待されている。しかし、抵抗値の変化が急激に起こることが多く、未だ制御性や再現性に課題が残されている。この急激な抵抗変化は、電極面積が $50\mu\text{m}^2$ 四方と広いために多数の金属イオンがスイッチングに寄与してしまうためと考えられた。そこで本研究では、ナノ球リソグラフィーを用いてスイッチング領域を限定した素子の作製と動作特性測定を行い、その有効性を検証した。なお、従来例[1]では、制御イオンとして銅が用いられていたが、本研究では拡散速度の速い銀イオンを用いることにした。

実験: Pt(40nm)/Ta₂O₅ + Ag(20nm)/Ta₂O₅(2nm)/PTCDI(10nm)/Au(30nm)/Ti(5nm) の多層膜からなる素子構造をメタルマスクとスパッタ装置を用いてSiO₂基板上に作製した。この過程で下部Au電極上にSiO₂膜を7nm成膜し、ナノ球リソグラフィー[2]を用いたエッチングでその一部を開口することで、スイッチング領域の限定を行った。続いて、Agilent社製の4155C Semiconductor Parameter Analyzer とマニュアルプローバー、パルス発生器(KEYSIGHT社製 33510B) を用い、素子にパルス電圧を印加することでアナログ抵抗変化特性を評価した。

結果と考察:図1に、ナノ球リソグラフィーを実施した直後のAu電極表面のAFM観察結果を示す。ナノ球で覆われていなかった部分のみSiO₂膜がエッチングされている。AFMによる伝導度測定で、当該領域ではSiO₂膜が完全に除去されていることも確認できた。一方、エッチングされていない部分では絶縁性が保た

れるため、概算ではあるがスイッチング面積を1000分の1程度に限定することに成功した。次に、アナログ抵抗変化の測定結果を図2に示す。パルス印加によって抵抗値が多段階に変化した。特に、10MΩから100KΩの範囲の抵抗値変化においては従来素子に比べて離散数の多い安定的な変化が確認された。これは素子のスイッチング面積を限定したことで、スイッチングに寄与する金属イオン数を制限でき動作が安定化したためだと考えられる。

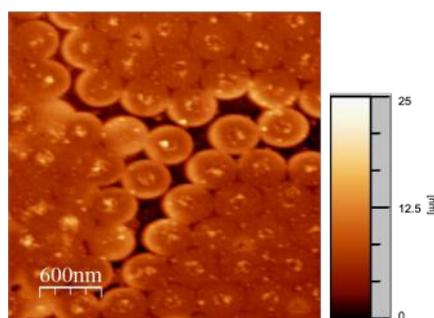


Fig. 1 AFM Image of an Au electrode after the nanosphere lithography.

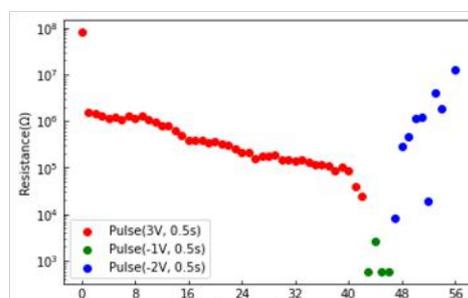


Fig. 2 Analog resistance change by pulsed bias application.

[1] A. Kassai et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59, S11F01 (2020).

[2] L. Christy et al., J. Phys. Chem. B 105, 5599 (2001).