

C-4

酸化ニッケルナノワイヤーを用いた抵抗変化メモリの作製

Fabrication of resistive change random access memory (ReRAM) of nickel oxide nanowires

○濱田古乃美¹, 阿久津里奈², 渡辺忠孝³, 高野良紀³, 高瀬浩一³*K.Hamada¹, R.Akutsu², T.Watanabe³, Y.Takano³, K.Takase³

Abstract: We have fabricated a nickel oxide nanowire resistive change random access memory (ReRAM) to control the space for conductive filaments.

1. はじめに

インターネットオブシングス(IoT)や人工知能の学習, さらには, 携帯電話を始めとするあらゆる電化製品で使用する情報量の増大などを支えるためには, 現在主流の半導体不揮発性メモリの NAND-FLASH メモリでは, 応答速度が遅いため, より高速で記録・よみ出しができるいわゆる次世代メモリが望まれており, その中でも消費電力が小さく, 構造が簡単で高集積化が見込まれる抵抗変化メモリに注目が集まっている.

抵抗変化メモリは, 絶縁膜を 2 つの金属電極で挟んだキャパシター構造をしており, 通常, 2 つの電極に大きな電圧を印加すると, 完全な絶縁破壊が起こり, キャパシターは, 二度と絶縁的な性質を示すことはない. この完全な絶縁破壊を防ぐために, 電源に電流制限を設け, 弱い (中途半端な) 絶縁破壊を起こさせた場合, 電圧再印加でキャパシターは元の状態に戻る. すなわち, 抵抗変化メモリとは, 絶縁体の電気抵抗状態を記憶するメモリであると言える. これまでのところ, 世界中で多くの研究がなされ, 様々な絶縁材料と金属の組み合わせ, 耐久性などの研究がなされているが, 実用化に至っていない. その一つの原因は, キャパシターが絶縁破壊を起こし金属状態になる電圧 (SET 電圧) や電圧を再印加して金属状態から絶縁状態に戻るときの電圧 (RESET 電圧) の再現性が悪く, キャパシターを含むメモリ回路を作るときの動作電圧を決定できない点にある. このスイッチング電圧のばらつきの原因は, フィラメントモデルによると, 絶縁破壊時に絶縁体内に電気抵抗の異なる導電性フィラメントが無数に作られ, スwitching 毎にこれらがランダムに選択されるためだと解釈される. 従って, スwitching 電圧のバラつきを改善するためには, 絶縁体内に形成される導電性フィラメントの数や種類を少なくすることが望まれる. これを実現するために, 端的には, フィラメントが形成される空間を意図的に制限すればよいことになる.

そこで, 本研究では, 全方位に空間制限が可能となるナノワイヤーを用いて, フィラメント形成空間を制限することで, この抵抗変化メモリのスイッチング電圧の再現性が向上するかどうかについて調査した (Fig. 1).

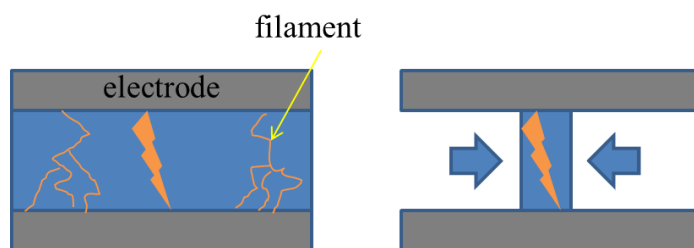


Figure 1. Spatial control of formation of conductive filaments

2. 実験

まず, テンプレートとして用いる陽極酸化ポーラスアルミナ (APA) の作製の準備として, アルミニウム基板をアセトンにより 5 分間超音波洗浄し脱脂処理する. その後, 過塩素酸とエタノールを体積比 1:4 で混合した溶液を用いて, アルミニウム表面を電解研磨する. 今回, 規則的な配置の APA を得るために, 2 ステップ陽極酸化法を用いた. 1st ステップ陽極酸化をシュウ酸 0.3 mol/L 溶液中で 20 時間行った. 表面近くでは, ナノホールは不規則構造であるが, 金属界面近くでは, 規則的な構造をもつ (Fig. 2).

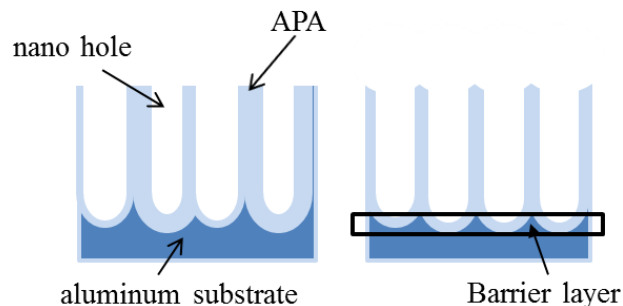


Figure 2. Fabrication of APA

1st ステップ陽極酸化後に, クロム酸リン酸混合液を用

いて、酸化膜の除去を行い、その後、1st ステップ陽極酸化と同じ条件で2nd ステップ陽極酸化を行うことで、より規則的に配列している APA が得られる。さらに、ナノホール底部に存在するバリア層は電流が流れにくいいため、段階的に電圧を下げていく、電圧降下処理を行い、バリア層にひびを入れる。最後にバリア層を取り除くため、5 wt% のリン酸溶液に浸し、バリア層の化学エッチングを行った。その後、APA ナノホール内へ電解メッキによる金属埋め込みを行う。埋め込む金属として、メッキが容易であるニッケルを選択し、ニッケルナノワイヤーを作製した。得られた試料の評価として、走査型電子顕微鏡(SEM)による形状観察、反射測定による光学特性評価を行った。

3. 結果

Fig. 3 (a)と(b)に、それぞれポアホワイトニング(PW)処理を 10 分、12 分を行いメッキを施した試料の断面 SEM 像を示す。10 分間の試料では、長さ約 80 nm 程度のニッケルの埋め込みが確認できる。12 分間の試料では、ニッケルの埋め込みが見られなかった。Fig. 4 に各試料の光学測定結果を示す。ニッケルが埋め込まれた試料では 600 nm 近傍に吸収が見られる。一方、ニッケルが入っていない試料は波長の増加とともに反射率は単調に大きくなった。

4. 考察

今回は、ニッケルナノワイヤーの作製を試みた。ニッケルの埋め込みは成功したが、PW 処理の条件が異なるとニッケルの埋め込みが出来なかった。その理由として、APA の状態が悪く、APA 底部のバリア層が均一に抜けきれていなかったことが考えられる。改善策として、電圧の印加時間や電圧を変えることや、バリア層をより薄くするような条件を見つけることが必要だと考えられる。今後、より長いナノワイヤーの作製、また、酸化処理を行い、酸化ニッケルナノワイヤーの作製を行う。

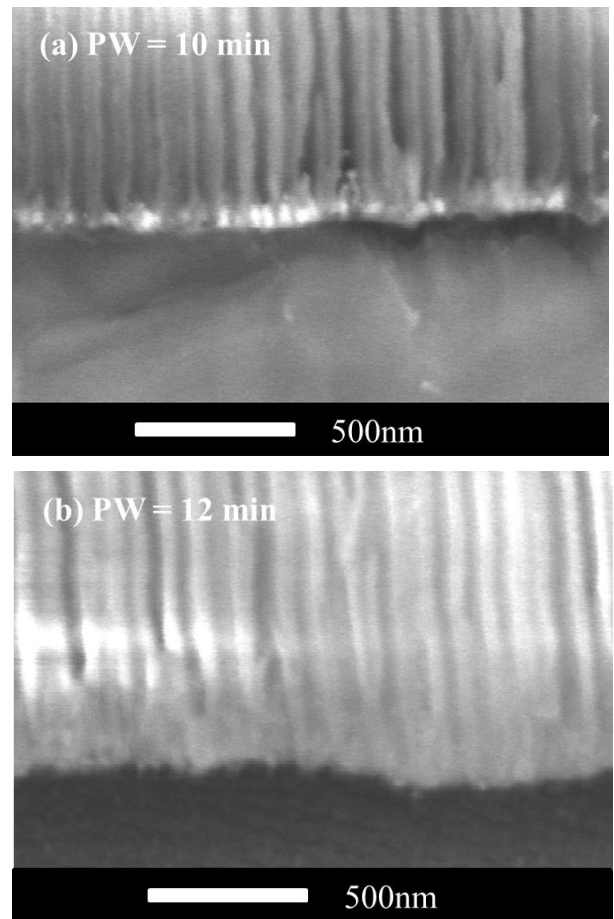


Figure 3. Cross-sectional SEM image of APA (PW time = 10 min (a), 12 min (b))

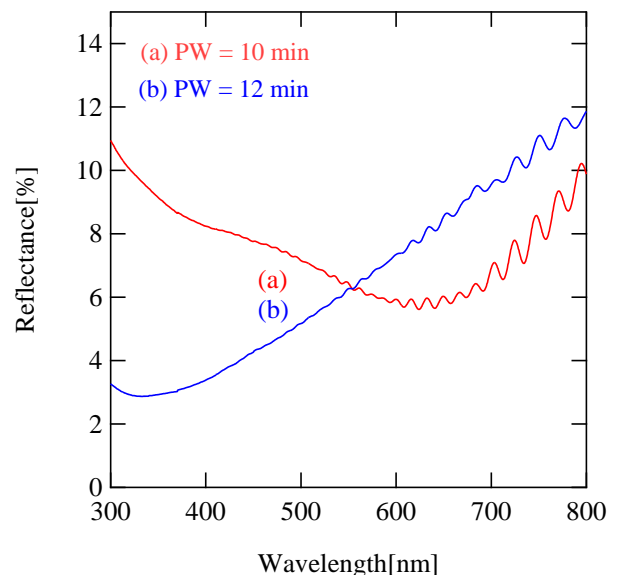


Figure 4. Reflectance measurement of Ni nano dots