

高温環境におけるアルミナ絶縁膜を備えた ナノギャップ電極の抵抗スイッチ特性

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

近年、宇宙探索や航空機等の分野では、高温環境下で動作する電子デバイスが求められている。しかし、典型的なシリコン半導体の動作温度は200℃未満で限界になっている。近年、600℃で動作するPtナノギャップを用いた不揮発性メモリ素子も報告されているが¹⁾、600℃以上の温度で動作する素子は現在報告されていない。600℃以上の高温環境では電極の金属が絶縁膜上に拡散し、SiO₂などの絶縁層と化合物を形成し、リークパスが発生するなどの問題が懸念される。

本研究では、600℃以上で動作する不揮発性メモリ実現を目指し、パッシベーション層にアルミナ(Al₂O₃)を用いて高温での金属拡散の抑止効果を調べた。Al₂O₃はSiO₂よりも高温で熱的に安定することが報告されており²⁾、高温でも電極金属と化合物を形成しにくいとされる。

■ 活動内容

1. 実験方法

素子の概略を図1に示す。熱酸化膜を250 nm備えたシリコン(Si)基板の上に2 nmのAl₂O₃を原子層堆積装置を用いて成膜した。その上に電子ビームリソグラフィ法によってナノワイヤ形状の電極パターンを形成し、抵抗加熱蒸着により電極となるAuPd(Au: Pd=3:7)を蒸着した。リフトオフ後、エレクトロマイグレーション法により、電圧を印加して電極間に存在するナノワイヤを破断し³⁾、ナノギャップを形成した。メモリ動作測定は真空環境下で室温から600℃まで200℃ずつ温度を上げて行った。電極間に電流に制限を与えて電圧を印加してオン状態である低抵抗状態(LRS)に遷移させる動作(SET動作)を二回を行い、抵抗値の読み取り(READ)を行った。その後、さらに電圧を印加してオフ状態である高抵抗状態(HRS)に遷移させる動作(RESET動作)を行い、READを行った。これを1サイクルとし、ON/OFF比により評価を行った。

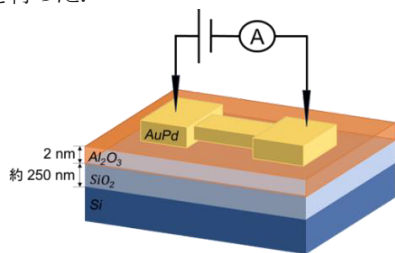


図1 素子の概要

2. 結果

室温から600℃まで200℃ごとにHRSとLRSの抵抗値の変化をそれぞれ図2に示す。HRSとLRSそれぞれの抵抗値は、温度に大きく影響せずほぼ一定になることがわかった。これはナノギャップの電気的な接続がトンネル伝導であることに起因する。また、図3に、図2のHRSとLRSを基準にHRSの値からLRSの値を割ったON/OFF比の温度依存性を示す。Al₂O₃層を備えた素子は600℃においても高いON/OFF比を示した。以上よりAl₂O₃層のあるナノギャップ電極は高温の600℃でも抵抗スイッチ効果を有することを明らかにし、Al₂O₃層が極めて安定であることが分かった。

図2 LRSとHRSの抵抗値の温度依存性変化

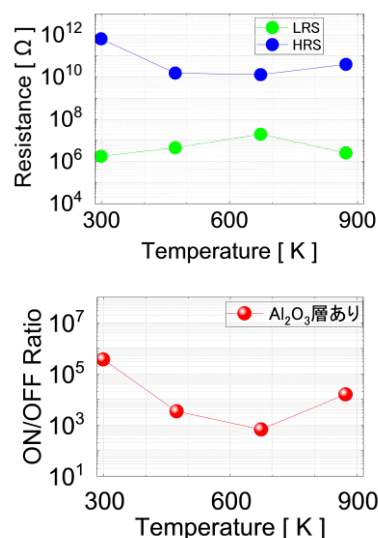


図3 抵抗変化率の温度依存性

4. 今後の展望

今回電極で使用したAuPd混合電極の混合比を変えるほか、600℃を超える高温でもAl₂O₃層の安定性を得られるか検証する。

参考文献

- 1) Hiroshi Suga, et al., *Scientific Reports* **6**, 34961 (2016).
- 2) James Kolodzey, et al., *IEEE TRANS. ELECT. DEV.* **47** (2000)
- 3) 内藤泰久, エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 16 No. 2 (2013)

代表発表者 木地 竜義(きち りゅうぎ)
所 属 千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科
産業技術総合研究所
エレクトロニクス・製造領域エレクトロニクス基盤
技術研究部門エマージングデバイス技術研究グループ

問合せ先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
TEL: 047-478-0507
Mail: kichi.ryuki@gmail.com

■キーワード: (1) 不揮発性メモリ
(2) ナノギャップ
(3) 高温

■共同研究者: 菅洋志(千葉工業大学)
内藤泰久(産業技術総合研究所)