

Y₂O₃ 添加 ZrO₂ 薄膜を用いた抵抗変化型メモリ素子における量子化伝導の発現

Conductance Quantization in RRAM Devices using Y₂O₃-doped ZrO₂ Thin Films

東工大物質理工, ○ニツ森 皓史, 白田 稜, 塩田 忠, 西山 昭雄, 篠崎 和夫

Tokyo Tech., ○Koshi Futatsumori, Ryo Shirata, Tadashi Shiota, Akio Nishiyama, Kazuo Shinozaki

E-mail: futatsumori.k.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】次世代不揮発性メモリとして期待されている抵抗変化型メモリ (RRAM) は、酸化物薄膜の抵抗スイッチング (RS) 現象を利用している。RS 現象の起源の一つとして、酸化物薄膜中の酸素空孔移動による導電性フィラメントの形成・破断が考えられているが、未だに解明されていない。さらに近年、このような RRAM 素子において、量子化伝導が観測された¹⁾。しかしながら、量子化伝導についても発現機構など未だ不明な点が多い。そこで我々は、RRAM の RS や量子化伝導の発現機構の解明を目指し、酸素空孔量を Y₂O₃ 添加量で精密に制御可能な Y₂O₃ 添加 ZrO₂ (YSZ) に注目した。本研究では、Y₂O₃ 添加量や結晶性などが YSZ 薄膜を用いた RRAM 素子の RS 特性及び量子化伝導の発現に及ぼす影響を検討した。

【実験方法】パルスレーザー堆積法により、基板温度を室温～800℃とすることで、下部電極を兼ねた自然酸化膜付き n⁺型 Si(100)基板 (抵抗率:0.018Ω・cm) 表面に、3、8、16mol%Y₂O₃ 添加 ZrO₂ のアモルファス薄膜、多結晶薄膜、エピタキシャル薄膜をそれぞれ約 10nm 製膜した。その後、DC スパッタリング法で直径 100μm、厚み 50nm の Au 上部電極を作製し、下部電極である Si 基板の裏面にも自然酸化膜を機械的に除去した後に厚み 50nm 程度の Au 薄膜を蒸着し、Au/YSZ/n⁺Si/Au の RRAM 素子を作製した。抵抗スイッチング特性は、室温、大気中で 2 端子法により測定した。Forming および Set 過程は制限電流値 1mA として負電圧スイープにより、Reset 過程は制限電流値 100mA として正電圧スイープにより観測した。

【実験結果】YSZ のアモルファス薄膜、多結晶薄膜、エピタキシャル薄膜によりそれぞれ 20 素子を作製し抵抗スイッチング特性を測定したところ、全ての素子で Forming を確認した。しかしながら、Fig.1 のように、5 サイクル以上の RS を示した素子の割合は、エピタキシャル薄膜素子が最も多く、次いで多結晶薄膜素子、アモルファス薄膜素子の順に減少した。また、Y₂O₃ 添加量を変化させた場合、8mol%Y₂O₃ 添加のエピタキシャル薄膜素子で最も多く 5 サイクル以上の抵抗スイッチングを示した。以上の結果は、8mol%添加 YSZ エピタキシャル薄膜が良好な抵抗スイッチング特性を示すことを示唆している。さらに、Fig.2 に示すようにエピタキシャル薄膜素子の Reset 過程において、電気伝導度が階段状に減少する現象が観測された。このとき電気伝導度が、その量子化単位の半整数倍の値を示す場合があり、量子化伝導の発現を示唆している。アモルファス薄膜や多結晶薄膜の RRAM 素子についても同様の検討を行い、YSZ 薄膜を用いた RRAM 素子における量子化伝導の発現について議論した。

【参考文献】1) C. Chen et. al., Appl. Phys. Lett., 103 (2013) 043510.

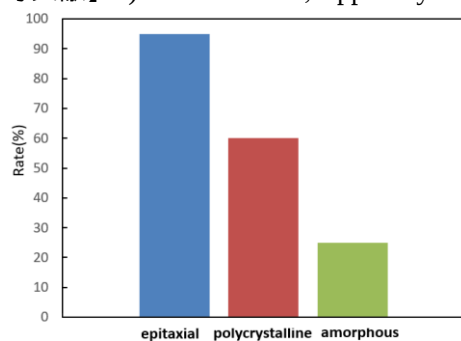


Fig. 1 Rate of the RRAM devices showing more than 5 cycles of resistive switching

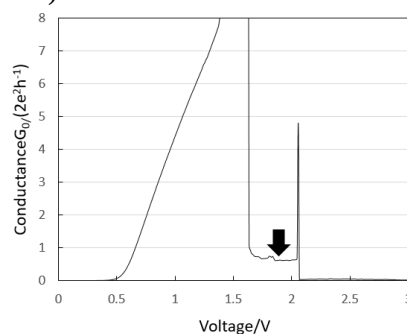


Fig. 2 Conductance quantization in reset process of resistive switching in Au/epitaxial YSZ/n⁺Si(Au)