

Title	STUDY ON NANOSCALE NATURE OF RESISTIVE SWITCHING PHENOMENA IN METAL OXIDES
Author(s)	岡, 敬祐
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59109">https://hdl.handle.net/11094/59109</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

### 論文審査の結果の要旨

本研究は、強相関電子系として知られる金属酸化物であるNiOに着目し、自己組織化ナノ量子細線MgOをコアとして、シェル形状に作成したNiOにおいて発現する電界誘起抵抗変化メモリ現象の動作発現メカニズムを微細構造・化学反応・電子状態変化・電気伝導による総合的なナノ計測と第一原理電子状態計算を併用することにより、解明したものである。本研究以前には、電界誘起抵抗変化メモリ現象の物理起源は固体材料内部の局所的なナノ空間における電気伝導に起因していることが推察されていたが、その制限ナノ空間における微細構造・化学反応・電子状態変化と電気伝導とが密接に関連しているため未だその決定的な物理起源を解明するまでに至っていなかった。岡敏祐氏は、従来用いられていた多結晶体をベースとした薄膜素子構造では解明が困難であった空間的な局所メモリ現象を、微細加工技術及び自然の摂理を利用したボトムアップ自己組織化ナノ超構造創製法を駆使して作製された極微酸化物ナノ構造体による解析と、第一原理に基づいた数値計算法等の実験と理論の両輪によるアプローチによってメモリ動作発現機構を詳細に解析した。その結果、第一に世界最小の数ナノスケールの極微酸化物ナノ構造体においてメモリ動作発現に成功し、更にナノ構造を活かした非対称電極接合による抵抗変化分布評価・測定雰囲気変調による化学的特性及びキャリア特性評価によって、これまでに十分な物理的理解が得られていなかった固体内部のメモリ動作発現機構を解明することに成功した。次いで得られた実験的結果に基づいて、メモリ動作時の電気輸送特性変化を全ての酸化物材料において適用可能なユニバーサルモデルを第一原理計算法による数値解析を用いて構築することに成功した。更に抵抗変化メモリの動作特性における異なる二つの動作特性(電界極性依存型、非電界極性依存型)の起源は非常に大きな課題となっていたが、 $10^8$ 倍のスケールで電極サイズを変調させた結果、異なる動作特性はメモリセル内の酸化物材料に生じる不均一性に起因する動作特性であることを見出すことに成功した。これら一連の結果は、抵抗変化メモリ現象の本質に迫る物理的知見であると同時に応用上の設計指針においても必要不可欠な知見となる点に重要な意義があり、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。

### 【42】

氏名	岡 敏 祐
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学位記番号	第 2 4 9 8 1 号
学位授与年月日	平成 23 年 12 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	STUDY ON NANOSCALE NATURE OF RESISTIVE SWITCHING PHENOMENA IN METAL OXIDES  (極微ナノ構造体を用いた金属酸化物の電界誘起抵抗変化メモリ現象の物性解明)
論文審査委員	(主査) 教授 吉田 博  (副査) 教授 北岡 良雄 教授 芦田 昌明 教授 宮坂 博 教授 田中 秀和

### 論文内容の要旨

本研究の着眼点は、金属酸化物材料において発現する電界誘起抵抗変化メモリ現象の動作発現メカニズムを新たに導入した極微ナノ構造体を用いて解明した点にある。抵抗変化メモリ現象は次世代メモリデバイス(ReRAM, Memristor等)応用として近年非常に注目を集めているが、その詳細なメカニズムは未だ議論の対象となっている。この物理起源は固体材料内部の“局所的”なナノ空間における電気伝導に起因していることが推察されているが、その制限ナノ空間における微細構造・化学反応・電子状態変化と電気伝導とが密接に関連しているため未だその決定的な物理起源を解明するまでに至っていなかった。そこで本研究では、従来用いられている多結晶体をベースとした薄膜素子構造では解明が困難であった空間的な局所メモリ現象を、微細加工技術及び自然の摂理を利用したボトムアップ手法を駆使して作製された極微酸化物ナノ構造体による解析と、第一原理に基づいた数値計算法等の実験と理論の両輪によるアプローチによってメモリ動作発現機構を詳細に解析した。その結果、第一に世界最小の数ナノスケールの極微酸化物ナノ構造体においてメモリ動作発現に成功し、更にナノ構造を活かした非対称電極接合による抵抗変化分布評価・測定雰囲気変調による化学的特性及びキャリア特性評価によって、これまでに十分な物理的理解が得られていなかった固体内部のメモリ動作発現機構を解明することに成功した。次いで得られた実験的結果に基づいて、メモリ動作時の電気輸送特性変化を全ての酸化物材料において適用可能なユニバーサルモデルを第一原理計算法による数値解析を用いて構築することに成功した。更に抵抗変化メモリの動作特性における異なる二つの動作特性(電界極性依存型、非電界極性依存型)の起源は非常に大きな課題となっていたが、 $10^8$ 倍のスケールで電極サイズを変調させた結果、異なる動作特性はメモリセル内の酸化物材料に生じる不均一性に起因する動作特性であることを見出すことに成功した。これら一連の結果は、抵抗変化メモリ現象の本質に迫る物理的知見であると同時に応用上の設計指針においても必要不可欠