

論文内容の要旨

博士論文題目

Study on resistive random access memory using tantalum oxide and sensor application

タンタル酸化物を用いた抵抗変化型メモリ (ReRAM) と
センサ応用に関する研究

氏名 米田 慎一

(論文内容の要旨)

次世代の不揮発メモリとして抵抗変化素子を用いた ReRAM (抵抗変化型メモリ、Resistive Random Access Memory) が挙げられる。本研究の第一の目的は、タンタル酸化物 TaO_x を用いた ReRAM の動作メカニズムをベースに微細 CMOS プロセスへ ReRAM を混載できる要素技術を確立することである。本研究では膜構成、加工条件の両方での要素技術条件の検討を試み、試作したメモリアレイの信頼性評価を実証した。第二の目的として、ReRAM の動作原理を活用したセンサ技術の確立である。具体的には水素ガスセンサとしての研究であり、ReRAM の動作原理から水素検知が可能であることを見出し、その基本特性や実用化へのポテンシャルの検討を試みた。

まず、ReRAM の微細化に必要な要素技術の研究を進めた。素子微細化において、ReRAM の製品仕様を大きく左右するメモリデータ保持特性の劣化が解決すべきもっとも重要な課題である。その課題を素子側面と導電性フィラメントの関係から、余剰酸素の抑制と導電性フィラメントの位置制御の対策を考察し、低ダメージドライエッチングと素子のカプセル化による余剰酸素の抑制と素子側面の高抵抗化による導電性フィラメントの中心形成の技術確立に成功した。そして、40nmReRAM の 4Mbi メモリ容量を搭載した試作でデータ保持特性の達成を確認した。

次に、ReRAM 技術を応用した Pt/ Ta_2O_5 / TaO_x /TaN 構造の水素センサを考案し、その特性とメカニズムについて研究を進めた。1~4%の感度を実現しながら水素ガスに対する高選択性と超低消費電力を備えるセンサを実現した。

(論文審査結果の要旨)

米田慎一氏はタンタル酸化物を用いた抵抗変化型メモリ (ReRAM) とセンサ応用に関する研究を行った。本研究の第一の目的は、タンタル酸化物 TaO_x を用いた ReRAM の動作メカニズムをベースに微細 CMOS プロセスへ ReRAM を混載できる要素技術を確認することである。本研究では膜構成、加工条件の両方での要素技術条件の検討を試み、試作したメモリアレイの信頼性評価を実証した。第二の目的として、ReRAM の動作原理を活用したセンサ技術の確立である。具体的には水素ガスセンサとしての研究であり、ReRAM の動作原理から水素検知が可能であることを見出し、その基本特性や実用化へのポテンシャルの検討を試みた。

本論文は、上記の背景と目的を述べた第1章から、総括を述べた第6章までの全6章で構成される。

第2章では、ReRAM の製品仕様を大きく左右するメモリデータ保持特性の劣化課題を解決するために、対策のキーとなる素子内部に形成される導電性フィラメントの制御に着目して、その導電性のモデルとメカニズムの考察を行った。

第3章では、ReRAM の微細化に必要な要素技術の研究を進め、素子側面と導電性フィラメントの関係から、余剰酸素の抑制と導電性フィラメントの位置制御の対策を考察した。低ダメージドライエッチングと素子のカプセル化による余剰酸素の抑制と素子側面の高抵抗化による導電性フィラメントの中心形成の技術確立に成功し、40nmReRAM の試作チップでデータ保持特性の達成を確認した。

第4章では、40nmCMOS プロセスに混載した微細 ReRAM セル構造の実証を、4Mbit の容量を搭載した試作を用いて実施し、目標信頼性の達成を確認した。

第5章では、ReRAM 技術を応用した Pt/ Ta_2O_5 / TaO_x /TaN 構造の水素センサを考案し、その特性とメカニズムについて研究を進めた。良好なセンサ特性を実現しながら水素ガスに対する高選択性と超低消費電力を備えるセンサを実現した。

以上のように、本論文では、タンタル酸化物を用いた ReRAM のメカニズムを解明し、素子の微細化技術を考案しその効果を実証した点、ReRAM 技術をベースに新しい水素センサ技術を考案し実証を進めた点で、工学的に高い価値を有すると考えられる。よって、審査員一同は、本論文が博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認めた。