平成２３年１月２７日
独立行政法人 物質・材料研究機構

“レアメタルを用いない酸化アルミニウム系メモリの集積化プロセスの開発に成功”

― レアメタル使用量ゼロの集積メモリ ―

独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）の原田 善之特別研究員らの研究チームは、希少金属を用いない、オールアルミ系抵抗変化型メモリ素子の集積化プロセスの開発に成功した。これにより、次世代半導体デバイスにおけるレアメタル使用量の大幅削減に道が開かれた。

集積メモリ技術は近年の高度情報化社会においては欠かすことのできない技術である。この技術はシリコンを中心とした半導体技術、特に微細加工技術によって従来技術革新が進行してきた。しかしながらその集積化の進行により微細化は既に物理的限界に達しようとしている。そこで近年シリコン系に変わる次世代のメモリ材料、メモリ素子の開発が世界的に進展している。中でも抵抗変化型メモリ素子（Resistive switching Random Access Memory : ReRAM）[注]は金属と絶縁体をサンドイッチした MIM 型構造を基本構造となし、その簡便な構造から集積化への期待がされている。さらにこの系は、電圧を印加することにより材料の抵抗が高抵抗（OFF 状態）と低抵抗（ON 状態）を可逆的にサイクルすることが知られている。そのため、従来の SRAM と比べても遜色ない高速性を有し、低消費電力駆動が可能であることから、次世代ユニバーサルメモリ材料としての期待が持たれている。

しかしながら ReRAM に使われる系としては、Ni、Zn、Co 等の二元酸化物、さらに Y 系三元酸化物などが既に報告されている。この配線材料としては Pt が通常用いられている。これらの多くはレアメタル[注]であり、将来的資源確保の課題を抱えている。そこで本研究では、従来のアプローチとは全く異なり、「ありふれた材料を用い、構造を工夫することにより同等の機能を発揮する材料の開発」というコンセプトの下、クラーク数[注]トップ 10 の元素、アルミニウム Al と酸素 O からなる ReRAM 素子を開発し、さらにその集積化プロセスの開発に成功した。

開発したデバイスは記憶部分を担うアルミニウム酸化物層（アルミナ）AlOx を RF スパッタ法で、アルミニウム Al 配線層を真空蒸着により形成している。これらの方法、材料は従来の半導体製造プロセスにおいても使われており、現状メモリプロセスとの相性も良い。作製工程は半導体で通常用いられているフォトリソグラフィ法を用い作製している。本プロセスにおいて作製したデバイス構造としては従来の磁気抵抗メモリ MRAM 素子[注]などに用いられているクロスバー方式[注]を採用し、5×5 ミクロンから 100×100 ミクロンのサイズのデバイスを作製し、全体としてメモリ容量 256 ビットのメモリを実現している。このデバイス構造は現在フォトリソグラフィプロセスにより作製しているが、今後原理的には現在の半導体プロセス同様に同様の数十ナノメートルサイズまでの素子小型化とそれによる集積化が可能となる。このように配線及びメモリ素子に希少金属を有しない構造においても同等のメモリ素子を形成することが可能となったことから、今後半導体デバイス中のレアメタル使用量を大幅に低減できる可能性が開けた。

また、現在主に用いられている遷移金属酸化物をベースにした ReRAM においては電界によるイオン伝導、ないしは価数変化がそのメモリ効果の起源とされてきた。しかしながら、本アルミナ ReRAM においてはアルミニウムイオンの価数が三価と安定した AlOx から成る系であることから、アルミニウムイオンの価数変化が起こっているとは考えづらい。そのためこの系はアルミナ中の酸素欠損に起因した新しいメモリ駆動機構ではないかと推測される。このことから本素子は ReRAM 素子の開発に留まらず、新しい機能性酸化物の動作機構に関する物理的展開も期待されている。現在その動作機構解明に向けても研究を進めているところである。

＜参考図＞

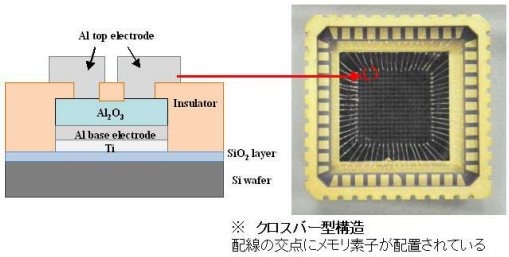

図1 アルミナReRAMデバイスの構造

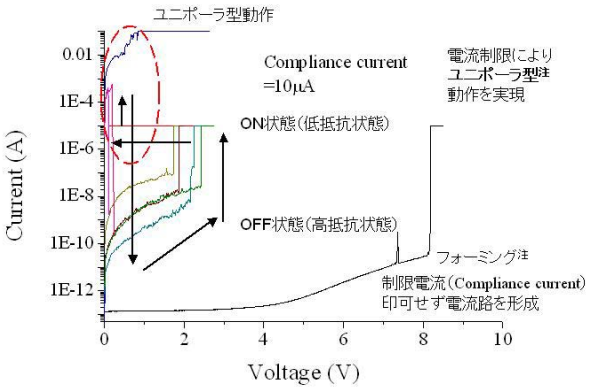

図2 典型的なアルミナReRAMのI-V特性

＜脚注＞

注1 **ReRAM**：抵抗変化型メモリは電圧の印加による電気抵抗の変化を利用したメモリ素子。電圧誘起のため低消費電力、高速性が期待されている。さらに構造が比較的単純であることから、微細加工を利用した高集積化、高密度化が期待されているメモリ素子である。

注2 **レアメタル**：鉄・銅・アルミニウム・亜鉛・鉛などのベースメタルと対比して、産出量が低く、市場における流通規模が小さい金属元素を総称する言葉。排ガス清浄化技術に欠かせない貴金属元素（白金、パラジウム、ロジウムなど）や高保磁力永久磁石に欠かせないレアアースなど、機能性材料として極めて重要な位置を占める。鉱物資源の偏在性が高く、資源保有国の政治情勢に供給量と価格が左右され易いことでも知られている。

注3 **クラーク数**：地球上の地表付近に存在する元素の割合を化学的分析により推定した結果。O は 1 番であり、Al は 3 番となる。

注4 **MRAM**：Magnetic Random Access Memory 磁気抵抗メモリは電子のスピンを利用したメモリ素子。スピンを利用しているため不揮発性が高く、応答速度が速い特徴がある。しかしながら外部磁界に弱いという問題点もある。

注5 **ユニポーラ型**：ポーラ（Polar）とは極を意味し、ユニポーラで単極性と訳される。メモリ動作において単一電圧範囲において動作するものをユニポーラ型という。

注6 **フォーミング**：抵抗変化素子は初期状態では絶縁体のような状態であり、成膜後に電圧（フォーミング電圧）を印加して酸化膜中にナノメートルオーダーの電流パス（フィラメント）を形成する動作。

＜謝辞＞

本研究成果は、文部科学省元素戦略プロジェクト及び世界トップレベル研究拠点(WPI)プログラムの助成を受け達成された。

＜本件に関するお問い合わせ先＞

独立行政法人物質・材料研究機構
元素戦略プロジェクト　原田　善之（はらだ　よしとも）、木戸　義勇（きど　ぎゆう）
E-mail: AAA_ReRAM@nims.go.jp　TEL: 029-863-5359
URL: http://www.nims.go.jp/AAA_ReRAM/index.html