

「超高速・超省電力高性能ナノデバイス・システムの創製」

平成 14 年度採択研究代表者

小柳 光正

(東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻 教授)

### 「共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリ」

#### 1. 研究実施の概要

本研究はナノ領域において高速で安定に動作するメモリを実現するために、スピン状態と共鳴トンネル効果を利用した、新しい不揮発性メモリである「共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリ」と、それをを用いたメモリベースの新しい回路とアーキテクチャの開発を目的とする。

磁気トンネル接合(MTJ)を用いた不揮発性メモリとしてはMRAMがある。しかし、MRAMは、磁気トンネル接合の磁気抵抗効果による抵抗変化を電流変化として増幅せずにそのまま信号線へと読み出すため、メモリセルを縮小すると高速の読み出しが難しくなるという問題がある。従って、ナノ領域で動作するようなメモリを実現するためには、メモリセル自身が増幅作用をもつことが不可欠となる。ナノ領域で動作するメモリでは単電子ドットメモリが知られているが、室温で単電子メモリ動作が難しいことと、出力信号の値が極端に小さいことで高速のメモリ動作は難しい。また、情報電荷保持の維持性の点でも問題がある。本研究で提案する「共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリ」は、トンネルするエネルギーバンドの状態、トンネル電子のスピン状態、電荷状態を考慮した非対称共鳴トンネル効果を使って、MRAMや単電子ドットメモリのもつ問題を解決するものである。このように、メモリセルに増幅作用をもたせるとともに、非対称共鳴トンネル効果を使って情報電荷の書き込み・保持特性を改善するという「共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリ」の考え方は極めて独創的であり、このような概念に基づく高速で低電力の不揮発性メモリはまだ実現されていない。また、このようなメモリを使ったメモリベースの高速・低電力回路も新規性に富んでいる。

本研究で提案する「共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリ」の動作確認に成功すれば、実現が難しいとされていた高速・低電力のテラビット・ランダムアクセスメモリ(RAM)の可能性が初めて示されることになる。また、「共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリ」を用いたメモリベースの新しい回路やシステムの研究を通して、ソフト・ハード融合型の新しい超高速・超省電力LSI構築の可能性も考えられる。そのため集積回路の構成方法や設計手法、検査方法に対しても大きなインパクトを与えると期待される。

## 2. 研究実施体制

### 磁気ナノドットメモリ設計・試作グループ

- ① 研究分担グループ長：小柳光正（東北大学工学研究科、教授）
- ② 研究項目：ナノドット形成と界面制御、磁気ナノドット・メモリの試作、評価、メモリベース回路およびアーキテクチャの検討

チャンネル長、チャンネル幅ともに10nm以下のナノSOIメモリトランジスタの上に、直径2nm以下の磁気ナノドットを形成する技術を確認する。また、この技術を用いてナノ領域の寸法をもつ磁気ナノドット・メモリを実際に試作し、その基本特性を評価する。磁気ナノドット・メモリを用いたメモリベースの新しい回路とアーキテクチャについても検討し、超高速・超省電力のナノシステムの可能性を明らかにする。

ナノドット形成とナノデバイス作製の鍵を握るALD(Atomic Layer Deposition)技術や結晶成長技術、原子層吸着・拡散技術などの原子層プロセス技術、界面制御技術の確認を行なう。

### モデリンググループ

- ① 研究分担グループ長：名取研二（筑波大学大学院電子・情報工学系、教授）
- ② 研究項目：磁気ナノドット・メモリのモデリングおよびシミュレーション

これまでの極微細半導体デバイス、磁気トンネル接合素子用のデバイスモデリング、およびシミュレーション手法を基盤として、これらを統合した磁気ナノドット・メモリ用の新しいデバイスモデリングとシミュレーション手法を確認する。また、磁気ナノドット・メモリを用いたメモリベースの回路設計に必要な回路用デバイスモデルの開発も行なう。

### ナノドット評価グループ

- ① 研究分担グループ長：宮尾正信（九州大学大学院電子・情報工学系、教授）
- ② 研究項目：共鳴トンネル・ナノドットの試作と物理現象の解明

共鳴トンネル・ナノドットを試作し、その物理現象の解明を行なう。また、ナノドット形成用材料として何種類かの材料を検討し、その結晶学的、磁気材料的性質を明らかにするとともに、共鳴トンネル・ナノドット形成手法の検討も行なう。