



東北大学

Empowered by Innovation

NEC

報道関係各位

2011年12月6日

国立大学法人東北大学
日本電気株式会社

磁気とシリコンを組み合わせた不揮発性論理回路で
世界最高の動作周波数600MHzを実現

～MTJのスイッチング電流を抑え、
超低消費電力システムLSIの実現に前進～

【概要】

国立大学法人東北大学（総長：井上明久/以下、東北大学）省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンターの遠藤哲郎教授と大野英男教授のグループは、日本電気株式会社（代表取締役 執行役員社長：遠藤信博/以下、NEC）との共同研究により、電子の性質であるマイナス電荷や微細な磁石であるスピンを利用したスピントロニクス技術とシリコン CMOS 技術を組み合わせて、600MHz で動作する世界最高速の不揮発性論理回路を開発しました。

東北大学が開発・設計した回路は、同期型論理集積回路（注1）の基本構成単位の一つであるフリップフロップ（注2）の要素回路（ラッチ回路）です。NEC が本回路の微細スピントロニクスデバイス部分を標準シリコン CMOS 回路上に作製し、東北大学が原理動作を実証しました。今回の実証により、システム LSI の超低消費電力化が大きく前進しました。

【背景】

論理集積回路は、トランジスタの微細化と共に機能を拡張し、一つのシステムをワンチップで実現することで、情報化社会を支えるキー・デバイスの一つになっています。しかし、トランジスタの微細化によりシステム LSI 上のトランジスタの個数が増加することで漏れ電力が増大し、待機時電力の増加が課題となっています。

このため、論理回路中のデータ記憶部を不揮発性化し、待機時において電源を遮断する研究開発が進められています。論理回路中の不揮発性記憶デバイスには、CMOS回路との整合性、微細化による性能向上、高速書き込み・読み出し性、及び書き込み回数耐性などから、スピン注入磁化反転型磁気トンネル接合 (Magnetic Tunnel Junction: MTJ) デバイスが最適なものと考えられています。しかし、MTJ デバイスを高速にスイッチングする時に大きな電流を必要とするため、動作周波数を抑えなければならず、CMOSによる論理集積回路の最高動作周波数を MTJ 不揮発性論理集積回路で達成することは困難です。また、従来の MTJ 不揮発性論理集積回路では動作周波数を上げるとスイッチングに失敗する確率 (エラー率) が高くなり、論理回路を不揮発性化して超低消費電力のシステム LSI を実現する上での課題となっていました。

【研究経緯】

世界最高水準の MTJ デバイス作製技術を有する東北大学の 大野英男教授、不揮発性論理回路の実現による超低電力の電子機器システムの構築を世界に先駆けて提案してきた同大学の 遠藤哲郎教授、ならびに世界有数の微細加工技術を持つ NEC は、スピントロニクスデバイスによる論理集積回路の超低消費電力化を目指して共同研究を続けてきました。

【研究手法と成果】

東北大学の 遠藤哲郎教授らのグループは、MTJ デバイスのスイッチングが、ある遮断周波数 f_c (注 3) 以上の周波数では起こらず、かつその f_c は MTJ スwitching のインキュベーション時間 (注 4) の逆数に対応することを発見しました。これに基づき、MTJ デバイスのスイッチングが行われず、CMOS ラッチのみを反転させるローパス・フィルター (注 3) 機能を持つ MTJ/CMOS 混成回路を開発しました。本回路は、周波数が f_c より大きいときに外部入力されたデータは CMOS ラッチ部に記憶し、MTJ デバイスのスイッチングを実行しません。周波数の低下とともにスイッチングが行われるため、スイッチングに高い電流

を必要とせず、またスイッチング後は電源を遮断できるため、LSIの低消費電力化に貢献します。また、一般のCMOS LSIと同等の速度であり、MTJ/CMOS混成回路としては世界最高速の周波数600MHzでの動作を確認しました。これらにより、低消費電力、高速動作、低エラー率を同時に達成しました。

さらに、MTJデバイスのスイッチング切り替えを制御する回路は不要なため、その分の回路によるチップ面積や消費電力のオーバーヘッドはなく、非常に簡単に設計が出来るという利点も持ち併せています。

なお、東北大学とNECは今回の成果を、12月5日から7日まで米国、ワシントンDCにて開催される半導体デバイス技術の国際学会「2011 IEEE International Electron Device Meeting」において、5日に発表しました。

本成果は、内閣府の最先端研究開発支援プログラム（題名：「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」、中心研究者：東北大学 大野英男教授）によって得られたものです。

以上

注1：同期型論理集積回路

集積回路全体の動作が1つのクロック信号に同期して進行する現在主流のデータ処理方式を採用した集積回路。

注2：フリップ・フロップ

データを記憶する基本的な単位をなす回路で、不安定な平衡状態をはさんで二つの安定状態にデータを保持できる双安定回路。

注3：遮断周波数、ローパス・フィルター

ある値 f_c よりも高い周波数の信号は遮断し、それよりも低い周波数の信号を通過させるような働きがある回路。 f_c は遮断周波数と呼ばれている。

注4：インキュベーション時間

MTJに電流を流し始めてからその抵抗値が変化し始めるまでの時間。

<本件に関するお問い合わせ先>

東北大学 省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンター

支援室 笠井直記

電話：(022) 217-6115

E-Mail：n-kasai@csis.tohoku.ac.jp

NEC 知的資産R&D企画本部 広報グループ

<http://www.nec.co.jp/contact/>

<本件に関する報道関係からのお問い合わせ先>

NEC コーポレートコミュニケーション部 山梨諒一

電話：(03) 3798-6511

E-Mail：r-yamanashi@ct.jp.nec.com