



平成 30 年 5 月 14 日

報道機関 各位

東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センター  
キーサイト・テクノロジー合同会社

**キーサイト・テクノロジー合同会社との共同研究の成果により、  
STT-MRAM の信頼性評価(データ保持時間 = 10 年)を 1.7 秒(従来比  
2 万倍の高速化)で可能にする新測定システムの実証に成功**

標記について、別添のとおりプレスリリースいたしますので、広くご周知いただきますようご協力の程お願い申し上げます。

### 【問い合わせ先】

(研究内容及びセンターの活動に関して)

東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター  
センター長・教授 遠藤哲郎 TEL:022-796-3400

(その他の事項について)

東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター内  
OPERA 支援室長 山川佳之 TEL:022-796-3405

E-mail:opera-shien@grp.tohoku.ac.jp



平成30年5月14日

報道機関 各位

東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センター  
キーサイト・テクノロジー合同会社

**キーサイト・テクノロジー合同会社との共同研究の成果により、STT-MRAMの信頼性評価(データ保持時間 = 10年)を1.7秒(従来比 2万倍の高速化)で可能にする新測定システムの実証に成功**

**【概要】**

指定国立大学法人東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センターの遠藤哲郎センター長(兼 同大学大学院工学研究科教授、先端スピントロニクス研究開発センター(世界トップレベル研究拠点)副拠点長、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長、スピントロニクス学術連携研究教育センター 部門長)のグループは、CIES コンソーシアムでの産学共同研究並びに、科学技術振興機構 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(領域統括:遠藤哲郎)において、キーサイト・テクノロジー合同会社(職務執行者社長:チエ ジュン 本社:東京都八王子市高倉町9番1号 以下キーサイト)と共同で、次世代メモリである磁気ランダムアクセスメモリの信頼性を高速かつ正確に評価する測定技術を開発し、従来比で測定時間を1/20000にする新測定システムの実証に成功しました。

今回の実証実験の成功は、本学国際集積エレクトロニクス研究開発センター(略称CIES)が推進するCIES コンソーシアム並びに、東北大学が幹事機関を務め、東北大学・京都大学・山形大学と先進的企業群の力を結集して、産学共創プラットフォームの形成を目指すOPERAにおける開発体制によるものです。

以上の成果は、2018年5月13日~16日の間、京都で開催されるメモリ集積回路に関する国際学会である「米国電気電子学会(※1)主催の国際メモリワークショップ(IEEE International Memory Workshop)」で発表致します。

**【問い合わせ先】**

(研究内容及びセンターの活動に関して)

東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター  
センター長・教授 遠藤哲郎 TEL: 022-796-3400

(その他の事項について)

東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター  
内 OPERA 支援室長 山川佳之 TEL: 022-796-3405

E-mail: opera-shien@grp.tohoku.ac.jp

(NX5730A シリーズの製品に関して)

キーサイト・テクノロジー合同会社

広報担当 土肥 房子

TEL: 042-660-8589 E-mail: prjapan@keysight.com

## 【背景】

シリコンベースの半導体集積回路は、情報通信機器をはじめとして、最近では輸送システムなどを含めた多岐にわたる分野で用いられています。これまで、同集積回路は使用されるデバイスの微細化と高集積化に伴い、長足の進歩を遂げてきました。しかし、最近になりトランジスタの微細化に伴うリーク電流の増加により、主に揮発性メモリ部における待機電力(※2)の増大によりその進歩が妨げられています。また、もう一つ集積回路の進歩を妨げる問題として、高集積化に伴い演算を担うロジック部と記憶を担うメモリ部の間の配線が長くなることに起因した配線遅延(※3)の増大があげられます。これらの問題を解決して、集積回路の持続的な進歩を支える基盤技術として、スピントロニクス の代表格である磁気トンネル接合(MTJ) (※4) を用いた不揮発性メモリの混載が期待されています。磁気トンネル接合は、情報の担い手が磁石の磁化の向きであることから不揮発性を有します。また、磁気トンネル接合は、半導体集積回路の作製過程における後工程で作製できるために、ロジック部とメモリ部の間の配線長を短くでき、結果として配線遅延の問題も同時に解決されることが期待されます。このような利点に加えて、磁気トンネル接合を用いた不揮発性メモリ(磁気ランダムアクセスメモリ：STT-MRAM)は、高速動作、低電圧動作、高い書き換え耐性というこれまで揮発性半導体メモリが使われてきたワーキングメモリ(※5)として機能するために要求される特性を全て有することから、現在、世界中で積極的に研究開発が行われています。実用化も間近と期待されており、大手半導体ファブ会社 が 2018 年の実用化を目指すことをアナウンスしております。

## 【研究課題】

STT-MRAM は、これまで用いられてきた半導体メモリとは異なり、磁石の性質を利用した磁気トンネル接合を用いています。また、ワーキングメモリへの応用を目指す場合には、これまでの電氣的性質だけを活用していた SRAM や DRAM などの従来のシリコン集積回路で行っていた特性評価に加えて、新たに多くの特性評価を行う必要があります。そのため、既存の半導体メモリ用の測定システムを用いて磁気トンネル接合の種々の特性評価を行うことは、非常に非効率でした。特に、不揮発性メモリであるという信頼性性能を評価するために、10 年先にもデータが正しく保存されていることを確認する予測評価の高速化技術が量産の現場で求められています。しかし、従来の測定装置・測定技術では、必要な精度を維持して測定を行うと数か月という量産には適応できない時間がかかっており、測定時間を数時間に短縮した加速試験を行うとその評価精度が許容以上に劣化したりするなど、STT-MRAM の量産における大きなボトルネックとなっていました。

## 【研究経緯】

そのような状況で、東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター 遠藤哲郎センター長(兼 同大学大学院工学研究科教授、先端スピントロニクス研究開発センター(世界トップレベル研究拠点)副拠点長、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長、スピントロニクス学術連携研究教育センター 部門長)のグループでは、CIES コンソーシアムでの産学共同研究並びに、科学技術振興機構 OPERA「IT・輸送システム産学共創コンソーシアム」にて、スピントロニクス不揮発性集積回路による飛躍的な低消費電力化および測定技術の実現を目指して、磁気トンネル接合用測定ソリューションの開発を進めてまいりました。国際集積エレクトロニクス研究開発センター(Center for Innovative Integrated Electronic Systems : 以下 CIES と略称)とキーサイトは、これまで CIES コンソーシアムで推進している CIES 産学共同研究プロジェクト「不揮発性ワーキングメモリを目指した STT-MRAM とその製造技術の研究開発」プログラムで得られた共同研究の成果に基づき、前記の特性を全て評価できる測定システムの開発を進め、昨年度には世界で初めて

STT-MRAM 用磁気トンネル接合特性測定システム NX5730A(図 1)を製品化しました。この製品化を受けて、CIES とキーサイトは、前述の現在の大きな課題の一つである信頼性評価の高速化技術と高精度化技術の開発に取り組んで参りました。

### 【研究手法と成果】

今回、CIES はキーサイトと共同で NX5730A シリーズにデータ保持時間(= 10 年)を決める熱安定性指数(※6)を、量産で要求される精度を維持しながら高速(1.7 秒、従来比 20000 倍の高速化)に測定する技術を開発し、その機能を追加した実験機を構築しました。加えて、これまで困難であった動作時の消費電力を決める書き込み電流(※7)の評価などの MTJ の初期特性も信頼性評価と同時に測定可能な測定システムを開発しました。その評価システムを用いて熱安定性指数が異なる 2 種類の磁気トンネル接合について評価し、以下の結果を世界に先駆けて得ました。

特性評価に用いた磁気トンネル接合は、前記の CIES 産学共同研究プロジェクトで開発されたものであり、磁気トンネル接合の加工プロセス(反応性イオンエッチング:RIE)として従来技術と新しく開発された技術が用いられています。図 2 には、キーサイト・テクノロジー社と CIES が共同開発した実験機を用いて測定した磁気トンネル接合の熱安定性指数を評価するための実験結果を示しました。ここで得られた実験結果を解析することで、熱安定性指数を得ることができ、得られた結果を表 1 に示します。新しい技術で加工した磁気トンネル接合は従来の方法で加工した場合に比べて熱安定性指数が約 1.5 倍に増加しています。これはデータ保持時間としては、単体 MTJ 素子レベルでは 1000 兆年のデータ保持が可能であること、統計的バラツキを考慮しても 100Tbit STT-MRAM の 10 年のデータ保持が可能であることを示す結果であり、STT-MRAM の量産に向けた大きな成果です。次に、表 1 には、2 種類の磁気トンネル接合の書き込み電流、並びに熱安定性指数を書き込み電流で割った値で定義されるスイッチング効率(※8)を示します。新 RIE 技術で加工することで従来技術を用いた場合に比べて、スイッチング効率が 1.3 倍に向上することを達成しました。これは、STT-MRAM の課題の一つであった書き込み電力を約 50%削減できることを示す成果であり、STT-MRAM の実用化・高性能化に向けた大きな成果です。

本研究では、これらの 2 種類の異なる性質を示す磁気トンネル接合における評価を通して、キーサイト社と東北大学が開発したデータ保持時間を決める熱安定性指数の新評価システムの有用性を実証しました。

### 【研究成果の意義と、今後の展開】

今回、CIES はキーサイトと共同で NX5730A シリーズにデータ保持時間(= 10 年)を決める熱安定性指数(※6)を、量産で要求される精度を維持しながら高速(1.7 秒、従来比 20000 倍の高速化)に測定する技術を開発する共に、これまで困難であった動作時の消費電力を決める書き込み電流の評価などの MTJ の初期特性と信頼性評価と同時に測定可能な測定システムの開発とその実証に成功しました。本開発の測定システムにより、10 年先にもデータが正しく保存されていることを確認する予測評価を量産で求められる評価精度を維持しながら 2 万倍の高速測定が可能になると共に、MTJ の諸特性の高速・高効率測定が可能になりました。

CIES とキーサイトは、CIES コンソーシアムで推進している CIES 産学共同研究プロジェクト「不揮発性ワーキングメモリを目指した STT-MRAM とその製造技術の研究開発」プログラムと OPERA プロジェクトにて引き続き今回共同で実証した信頼性評価の新測定システムの製品化に向けた研究開発を継続し、将来の STT-MRAM の量産に必要な出荷テスト装置の製品化を目指して参ります。これにより、STT-MRAM の特性評価の高精度化・高効率化・低コスト化を実現し、STT-MRAM の研究開発の加速に加えて、STT-MRAM の量産化に大きく貢

献することが期待されます。

このたびの STT-MRAM 用磁気トンネル接合特性評価システムの開発により得られた成果は、本学国際集積エレクトロニクス研究開発センターが推進する CIES コンソーシアム並びに、東北大学が幹事機関を務め東北大学・京都大学・山形大学と先進的企業群の力を結集して、産学共創プラットフォームの形成を目指す OPERA における開発体制により得られたものです。

以上の成果は、2018 年 5 月 13 日～16 日の間、京都で開催されるメモリ集積回路に関する国際学会である「米国電気電子学会（※1）国際メモリワークショップ（IEEE International Memory Workshop）」で発表致します。

#### 【用語説明】

##### （※1）米国電気電子学会

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 通称 IEEE（アイ・トリプル・イー）。米国に本拠を置く世界最大の電気・電子技術に関する学会組織。

##### （※2）待機電力

集積回路が動作していないときにも消費してしまう電力の事。トランジスタの微細化に伴い、リーク電流が流れてしまうことにより主に揮発性メモリ部分で生じる。

##### （※3）配線遅延

集積回路の中で引きまわされる電気的な信号を伝達するための配線により生じる遅延。配線長の増大に伴い、電気的な信号が伝わる距離が長くなることにより遅延が生じる。

##### （※4）磁気トンネル接合

磁石の性質を示す材料で構成された薄膜で、薄い絶縁層を挟んだ構造で構成される。二つの磁石の層の磁化の向きに応じて抵抗が変化するトンネル磁気抵抗効果を示す。

##### （※5）ワーキングメモリ

コンピュータシステムを構成するメモリのうち、比較的高速（数 10MHz～数 GHz）で動作するメモリ。従来の CMOS メモリでは、ダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）やスタティックランダムアクセスメモリ（SRAM）がその代表格。

##### （※6）熱安定性指数

STT-MRAM に保存されて情報が安定に保持される時間を示す指標。大きければ、より長い間情報を保持できる。

##### （※7）書き込み電流

磁気トンネル接合の情報を書き換えるために必要となる電流。STT-MRAM における消費電力を表す指標として用いられ、小さい方が消費電力が小さくなる。

##### （※8）スイッチング効率

STT-MRAM における情報保持時間の指標である熱安定指数を、消費電力を表す指標である書き込み電流で割ったもの。より大きな値が得られるデバイスは、同じ消費電力でも長く情報を保持できることを意味しており、エネルギー効率が低いデバイスであることを意味する。



図1 CIESとキーサイトの共同研究成果に基づき、キーサイトから製品化されたSTT-MRAM用磁気トンネル接合の特性評価トータルソリューションNX5730A。

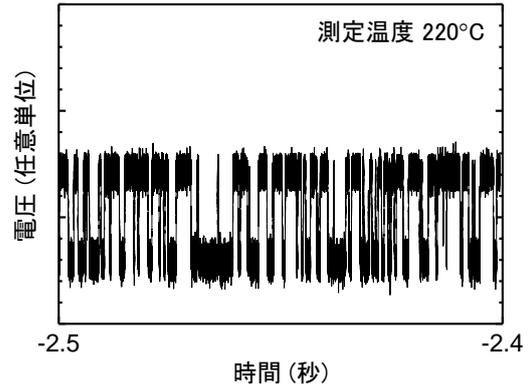


図2 NX5730Aシリーズに付加した新機能を用いて測定した熱安定性指数を評価するための実験結果。

表1 NX5730Aシリーズに新機能を付加して構築した実験機を用いて評価した磁気トンネル接合の特性比較表。

特性	RIE技術	
	従来技術	新技術
磁気トンネル接合の直径 (nm)	88	83
熱安定性指数	66	94
規格化した書き込み電流	1	1.06
スイッチング効率 (熱安定性指数を規格化した書き込み電流で割った値)	66	89