

# 高効率な電圧磁気異方性制御

## 電圧駆動型スピントロニクスデバイスの基盤技術を開発



### 野崎 隆行

のざき たかゆき

nozaki-t@aist.go.jp

ナノスピントロニクス研究  
センター  
金属スピントロニクスチーム  
主任研究員  
(つくばセンター)

古代より不思議な石として人々を魅了してきた磁石が最先端の電子デバイスにおいても重要な材料となり始めています。スピントロニクスでは磁気メモリーやセンサーだけでなく、高周波発振素子や検波素子などさまざまな磁気デバイスの実現を目指しています。私はこれらの素子を低消費電力で駆動するための新しいテクノロジーとして、電界によるスピン制御技術の確立を目指しています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

薬師寺 啓、田丸 慎吾、関根正樹、松本 利映、甲野藤真、久保田 均、福島 章雄、湯浅新治（産総研）

#### ● 参考文献

T. Nozaki et al.: *Appl. Phys. Exp.*, 6, 073005 (2013).

#### ● プレス発表

2013年6月24日「電圧による磁化制御を高効率化」

●この研究開発は、独立行政法人 科学技術振興機構の委託事業「革新的プロセスによる金属/機能性酸化物複合デバイスの開発（平成21～27年度）」（研究総括：渡辺 久恒、研究代表者：湯浅 新治）による支援を受けて行いました。

### スピントロニクスデバイスの課題

電子がもつ磁気的な性質である“スピン”を利用する「スピントロニクスデバイス」は、電力を供給し続けなくてもスピン(磁化)の向きが元に戻らない“不揮発性”と呼ばれる特長を持つため、待機電力がほとんど要らない磁気メモリーなどの開発が進められています。しかし、情報の操作(磁化の方向や運動の制御)には、現在のところ大きな電流を用いる必要があり、ジュール熱による不要なエネルギー消費が駆動電力低減の大きな壁となっています。そのため、電流ではなく電圧によって磁化状態を制御する技術が望まれています。

### 二重絶縁層構造で電圧磁気異方性制御を高効率化

私たちはこれまで、数原子層まで超薄膜化した金属磁石の磁気異方性を電圧で制御する技術の開発に取り組んできました。これまでは電圧磁気異方性制御の実証には単層バリア型の強磁性トンネル接合素子が用いられてきました。一方、産総研では、電流駆動型デバイスの開発過程において、鉄とホウ素の合金からなる金属磁石層(FeB層)を酸化マグネシウム(MgO)絶縁層二層で挟んだ構造では、FeB層の磁化が膜面に垂直な方向に強く向き(垂直磁気異方性)、この構造が大容量化に有効であることを見いだしました。今回は、この構造を用いて電圧効果の

効率増大に取り組みました。

二重絶縁層構造を電圧駆動化するために、これまでは2ナノメートル以上の膜厚であった金属磁石層を1.5ナノメートルまで超薄膜化し、MgOの絶縁層で挟んだ構造としました(図1)。この素子に電圧を加えた状況下でトンネル磁気抵抗効果を測定し、垂直磁気異方性変化の定量評価を行いました。

図2にFeB層の垂直磁気異方性の印加電圧依存性を示します。正の電圧方向において、垂直磁気異方性の変化は従来構造(黒線)よりも大きく増大し、約3倍の傾きで変化しました。この傾きは電圧による制御性の効率を直接示すもので、二重絶縁層構造がこれまでの3倍にもなる高効率な電圧制御ができることを示しています。垂直磁気異方性の大きな構造で大きな電圧効果の実現により、Gbitスケールを目指した微小磁性素子でも電圧制御が適用できることが示されました。

### 今後の予定

今後は金属磁石材料や素子構造の最適化を進め、磁気異方性変化効率の増大を目指すとともに、電圧駆動型3端子スピン増幅素子などの、新しい機能性をもつスピントロニクス素子、さらにはグリーンITの実現を目指します。

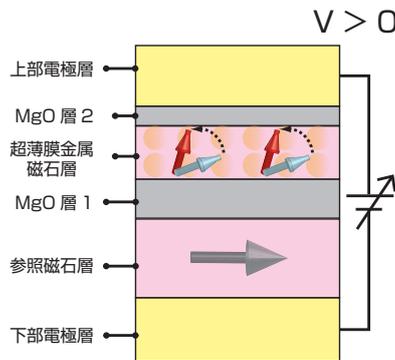


図1 今回開発した二重絶縁層型の電圧駆動スピントロニクス素子の模式図

矢印は磁化の向きを表している。

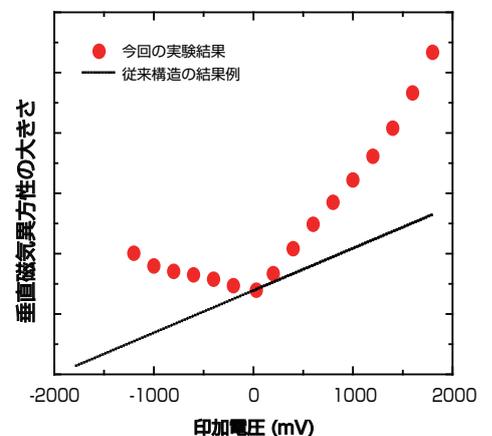


図2 電圧印加による磁気異方性変化の実験結果