

超低消費電力の磁気書き込み技術

高周波電圧による磁化反転アシスト効果を初めて実証



野崎 隆行

のぞき 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
電圧スピントロニクスチーム
主任研究員
(つくばセンター)

学生時代に「磁石がエレクトロニクスを変える!」との謳い文句に魅せられて「スピントロニクス」の世界に飛び込み早 15 年。不揮発性固体磁気メモリなどの実用デバイスへの期待だけでなく、電子スピンに関連したさまざまな新物理現象が発見されつつしているのもこの分野の魅力です。最近では、スピントロニクスデバイスの超低消費電力駆動化を目指した、電圧による新しいスピントロニクス制御技術の確立を夢見て日々取り組んでいます。

関連情報:

● 共同研究者

荒井 礼子、薬師寺 啓、田丸 慎吾、久保田 均、今村 裕志、福島 章雄、湯浅 新治 (産総研)

● 参考文献

T. Nozaki et al.: *Appl. Phys. Exp.*, 7, 073002 (2014).

● プレス発表

2014年6月30日「超低消費電力な磁気書き込みを実現する新技術を開発」

● 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)」, および産総研戦略的融合研究事業「高電力効率大規模データ処理イニシアチブ」による支援を受けて行ったものです。

磁気記録分野における課題

磁気記録の高密度化を図るためには熱ゆらぎで情報が消えないように数十nmの微小磁石でも磁化の向きを強固に維持できる強い磁石を使う必要があります。一方で、これは情報の書き換え時に磁化を反転させるため大きな磁界 (エネルギー) を必要とすることを意味します。この問題を解決する方法として、書き込みのときだけ磁石材料に外部から高周波磁界をかけて磁化の歳差運動を引き起こし、磁化反転に必要なエネルギーの山を見かけ上低くする方法が提案されています。これにより、反転に必要な磁界を低減できますが、強い高周波磁界を作り出すにはやはり大電流が必要のため消費電力の増大が問題となります。

電流不要の磁化反転技術

私たちはこれまで、超薄膜金属磁石材料に高周波電圧をかけて、磁気異方性を振動的に制御することで磁化の歳差運動を誘起する技術を開発してきました。電圧による歳差運動の誘起は電流を流す必要がないため、大幅な駆動電力の低減が期待されます。

今回私たちは、図1に示した垂直磁化型のトンネル磁気抵抗素子を用いて、電圧による反転磁界低減効果の原理実証を試みました。この素子の磁化参照層には垂直磁化型の鉄薄膜、絶縁層には酸化マグネシウム、磁化フリー層は膜厚1.8

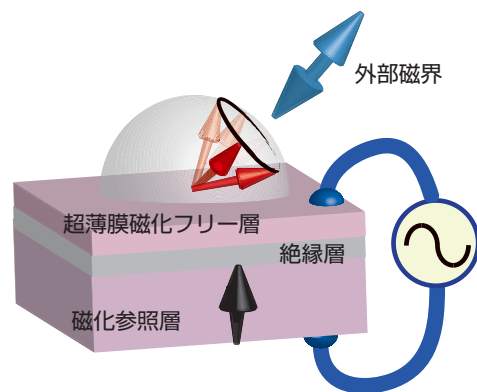


図1 この実験で用いた電圧駆動型トンネル磁気抵抗素子の模式図

高周波電圧をかけると超薄膜金属磁石からなる超薄膜磁化フリー層の磁化 (赤矢印) の歳差運動が引き起こされ、磁化の反転に必要な磁界が低減する。

nmの鉄を主成分とした垂直磁化型の金属合金磁石薄膜を用いました。この素子に実効値315 mVの高周波電圧をかけながら、外部磁界により磁化フリー層の磁化を反転させて、反転に要する磁界 (反転磁界) の印加電圧周波数依存性を調べました。反転磁界の評価は、磁化参照層の磁化 (黒矢印) と超薄膜磁化フリー層の磁化 (赤矢印) の相対角度によって素子の抵抗値が変化するトンネル磁気抵抗効果を利用して行いました。その結果、図2に示すように、電圧周波数1 GHz付近において、高周波電圧をかけない場合 (青破線) と比べて80 %以上磁化反転磁界を低減させることに成功しました。

これまでのマイクロ波アシスト磁化反転では、数~数十mAの大きな電流を流す必要がありましたが、今回用いたトンネル磁気抵抗素子は、抵抗が大きい素子を通る電流は0.1 mA以下です。そのため、電流による不要な電力消費を数十分の1以下に抑制しながら磁化反転を促進できることが明らかとなりました。

今後の予定

今後はより高い垂直磁気異方性をもつ材料系の検討とともに、局所的に高周波電圧 (電界) をかけるための新しい磁気記録アシスト用ヘッドの開発により、数~数十nmサイズの微小磁石について電圧磁化反転アシスト効果の実証を目指します。

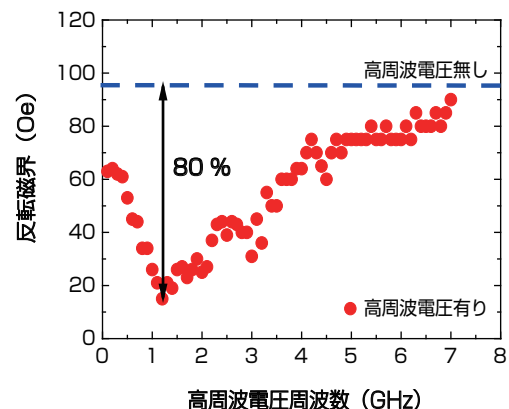


図2 電圧誘起共鳴ダイナミクスによる反転磁界低減効果の例

青点線が磁界のみによる反転磁界。約 1 GHz の高周波電圧印加により最大で約 80 % の反転磁界の低減が確認された。