

## 高感度スピントルクダイオードの開発

## Development of highly sensitive spin-torque diode

阪大院基礎工<sup>1</sup>, 産総研ナノスピントロニクス研究センター<sup>2</sup>○三輪 真嗣<sup>1</sup>, 石橋 翔太<sup>1</sup>, 富田 博之<sup>1</sup>, 野崎 隆行<sup>1,2</sup>, 田村 英一<sup>1</sup>, 猿谷 武史<sup>2</sup>,  
久保田 均<sup>2</sup>, 薬師寺 啓<sup>2</sup>, 福島 章雄<sup>2</sup>, 湯浅 新治<sup>2</sup>, 鈴木 義茂<sup>1,2</sup>Osaka Univ.<sup>1</sup>, AIST Spintronics Research Center<sup>2</sup>°S. Miwa<sup>1</sup>, S. Ishibashi<sup>1</sup>, H. Tomita<sup>1</sup>, T. Nozaki<sup>1,2</sup>, E. Tamura<sup>1</sup>, T. Saruya<sup>2</sup>,H. Kubota<sup>2</sup>, K. Yakushiji<sup>2</sup>, A. Fukushima<sup>2</sup>, S. Yuasa<sup>2</sup> and Y. Suzuki<sup>1,2</sup>

E-mail: miwa@mp.es.osaka-u.ac.jp

これまでに磁気トンネル接合(MTJ)素子を利用した様々なスピントロニクスデバイスが考案され、精力的に研究されている。ハードディスクドライブの磁気ヘッドに加え、磁気メモリや磁界センサー等が応用に近いとされているが、これら以外にも磁化ダイナミクスを利用したマイクロ波発振器や検波器としての期待も大きい。本講演ではスピントルクダイオード効果[1]を利用したMTJのマイクロ波検波機能に着目し、近年の高感度化とその物理を紹介する。

MTJに高周波(RF)電流を印加すると直流電圧が生じる。原理はスピントルク誘起強磁性共鳴(FMR)の抵抗振動による、入力RF電流のホモダイン検波である。この効果はスピントランスファー、フィールドドライブ[2,3]、電界[4]等の各種トルク定量評価、MTJフリー層の磁化特性評価手法として有用である。一方でマイクロ波検出手法としての応用も興味深い。発見当初のRF検出感度(出力直流電圧÷入力交流電力)は僅か1.4 mV/mWであり、半導体ショットキーダイオード(3,800 mV/mW)と比べてはるかに小さかった。その後、磁場方向の精密制御[5,6]、確率共鳴[7]や電圧トルク[8]の利用により検出感度が向上(~440 mV/mW)したが、半導体には及ばなかった。(Fig. 1)

近年、我々はFeBをフリー層に用いたMTJにおいて、非線形FMRを利用した巨大なスピントルクダイオード効果を見出した[9]。具体的にはフリー層磁化ポテンシャルを精密制御した上でDCバイス電流を印加し、12,000 mV/mWもの室温RF検出感度を実現した。この非線形効果はMTJフリー層を小さくすると、ノイズ以上にシグナルを増幅可能である。従って、信号雑音比において半導体デバイスを大きく超える可能性がある。

本研究は科研費[基盤(S) No. 23226001]の助成により行われた。

[1] A. Tulapurkar *et al.*, *Nature* **438**, 339 (2005). [2] H. Kubota *et al.*, *Nat. Phys.* **4**, 37 (2008). [3] J. C. Sankey *et al.*, *Nat. Phys.* **4**, 67 (2006). [4] T. Nozaki *et al.*, *Nat. Phys.* **8**, 491 (2012). [5] C. Wang *et al.*, *JAP* **106**, 053905 (2009). [6] S. Ishibashi *et al.*, *APEX* **3**, 073001 (2010). [7] X. Cheng *et al.*, *PRL* **105**, 047202 (2010). [8] J. Zhu *et al.*, *PRL* **108**, 197203 (2012). [9] S. Miwa *et al.*, *submitted*.

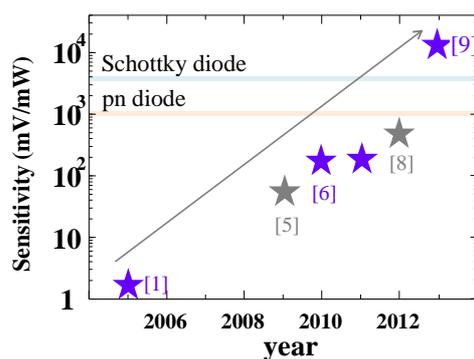


Fig. 1 History of spin diode sensitivity