

# 垂直磁化型 MRAM における 電圧パルス時間幅の許容範囲が広い電圧書き込み方式

松本利映<sup>1</sup>、佐藤智幸<sup>1,2</sup>、今村裕志<sup>1</sup>

(1. 産総研、2. 千葉工大)

Voltage-driven switching with long tolerance of voltage-pulse duration in a perpendicular MRAM

R. Matsumoto<sup>1</sup>, T. Sato<sup>1,2</sup>, and H. Imamura<sup>1</sup>

(1. AIST, 2. Chiba Inst. Tech.)

## 背景

電圧書き込み<sup>1-5)</sup>は磁気ランダムアクセスメモリー(MRAM)の低消費電力書き込みを可能にする方式として注目を集めている。しかし、 $1 \times 10^{-3}$ 未満の低い書き込みエラー率(WER)が得られる電圧パルス時間幅( $t_p$ )の許容範囲(便宜上、これを $t_p$ の許容範囲と呼ぶ)は数百ピコ秒程度と狭い。<sup>4,5)</sup>パルス電圧源ごとの $t_p$ のばらつきやMRAM素子間の磁化の歳差時間のばらつきを考慮すると、 $t_p$ の許容範囲は広い方が好ましい。

## 結果

本研究<sup>6)</sup>では、Fig. 1(a)に示す垂直磁化型MRAM素子において、 $t_p$ の許容範囲が広い電圧書き込み方式<sup>1)</sup>を理論的に検討した。Fig. 1の計算では電圧パルスの印加前(後)に有効垂直磁気異方性定数 $K_{\text{eff}}^{(\text{pre})} = 70 \text{ kJ/m}^3$  (と $K_{\text{eff}}^{(\text{post})} = 40 \text{ kJ/m}^3$ )で自由層磁化( $\mathbf{m}$ )を緩和させた。Fig. 1(b)は温度0 Kにおける $t_p$ の間の磁化ダイナミクスのタイプを $t_p$ の間の $K_{\text{eff}}^{(+V)}$ とギルバート・ダンピング定数( $\alpha$ )によって分類したものである。ダンピングトルクを利用することによって、マゼンタとシアン色の曲線の間の領域において、 $t_p$ の許容範囲が広い電圧書き込み方式が可能である。温度300 Kにおける、WERの $t_p$ の依存性の一例をFig. 1(c)に示す。 $10^{-3}$ を切るWERが $0.5 \text{ ns} \leq t_p \leq 10 \text{ ns}$ の広い範囲で得られることがわかる。

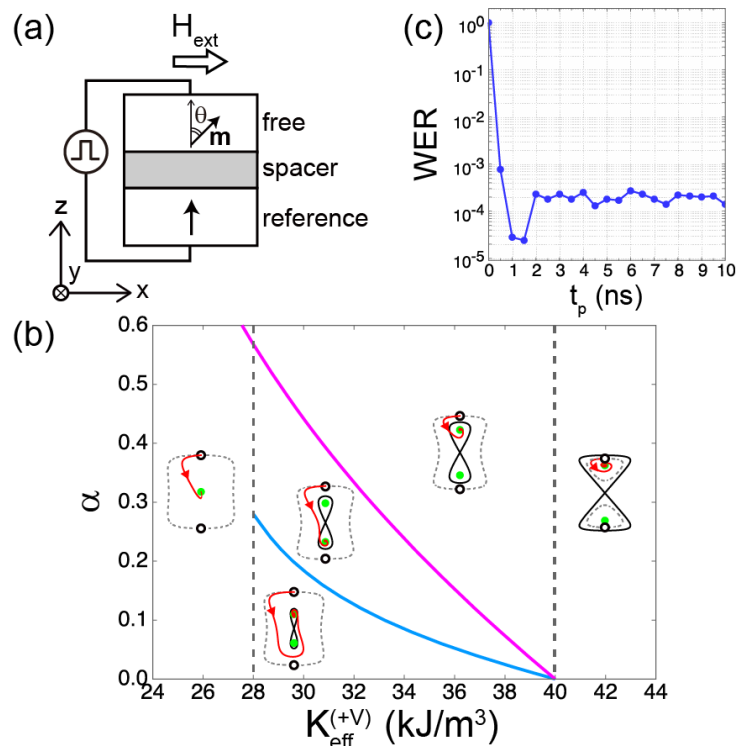


Fig. 1 (a) MRAM cell and definitions of  $(x, y, z)$  and  $\theta$ . (b) Types of the magnetization dynamics. In each schematic illustration, red curve with triangle represents trajectory of magnetization ( $\mathbf{m}$ ) during  $t_p$  viewed from  $+x$  direction, and open and solid circles represent equilibrium directions of  $\mathbf{m}$  at  $K_{\text{eff}}^{(\text{pre})}$  and  $K_{\text{eff}}^{(+V)}$ . (c)  $t_p$  dependence of WER.

## 謝辞

本研究の一部は革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)とJSPS 科研費 JP16K17509 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 1) Y. Shiota *et al.*, Nat. Mater., Vol. 11, p. 39 (2012).
  - 2) S. Kanai *et al.*, Appl. Phys. Lett., Vol. 101, p. 122403 (2012).
  - 3) C. Grezes *et al.*, Appl. Phys. Lett., Vol. 108, p. 012403 (2016).
  - 4) Y. Shiota *et al.*, Appl. Phys. Express, Vol. 9, p. 013001 (2016).
  - 5) T. Yamamoto *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 52, p. 164001 (2019).
  - 6) R. Matsumoto *et al.*, Appl. Phys. Express, Vol. 12, p. 053003 (2019).
- 自由層飽和磁化は  $1400 \text{ kA/m}$ , 印加外部磁界( $H_{\text{ext}}$ )は  $31.83 \text{ kA/m}$  ( $= 400 \text{ Oe}$ ). Fig.1(c)においてはさらに  $K_{\text{eff}}^{(+V)} = 33 \text{ kJ/m}^3$ ,  $\alpha = 0.17$ , 体積  $140^2 \pi \times 2 \text{ nm}^3$  を仮定した。