

# 磁壁によるスピン波の位相制御とロジックインメモリへの応用

今村謙汰, 浦塚泰夫, 田中輝光, 松山公秀  
(九州大学大学院 システム情報科学府)

Successive logic-in-memory operation in spin wave based devices with domain wall data coding scheme

K. Imamura, Y. Urazuka, T. Tanaka, K. Matsuyama

(Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University)

## はじめに

スピン波の位相情報を利用した電荷レス情報伝送によるスピン波干渉型論理演算デバイスが提案されている 1). 近年, 磁壁通過によりスピン波の位相シフトが生じることが発見されており 2), 磁壁の有無を論理動作における入力値に対応させたスピン波干渉による論理演算の可能性が示されている 3). 本研究では, スピン波導波路を流れるスピン偏極電流の STT 効果および外部局所磁界の制御により, このデバイス中における磁壁の選択的転送を利用した論理入力値の書き換えをマイクロマグネティックシミュレーションで解析した. さらに, 論理入力値の書き換え動作から論理演算動作に至る連続機能動作をシミュレーションにより検証した.

## 計算方法

垂直磁化細線を想定した論理演算デバイスの計算モデルを Fig. 1 (a) に, デバイス左部の詳細図を Fig. 1 (b) に示す. 磁性細線中の磁壁位置制御およびスピン波による論理演算動作を LLG 方程式の数値計算により解析した. Fig. 1 (a) に示すように, 2本の導体線 (GE1, GE2) によりスピン波の励起を行い, 中央に配置した誘導検出器により干渉波を検出し論理動作を行った. スピン波の  $\pi$  rad 位相シフトを引き起こすネール磁壁対の有 (“1”) 無 (“0”) により, 論理入力値の符号化を行った. 磁性細線中の磁壁位置規定は, 幅 230 nm の磁気異方性局所変調 (ピンングサイト (PS)) により行っている. スピン偏極電流による STT 効果と Fig. 2 (b) に示すヘアピン状導体線が作る電流磁界を用いて PS1 中のネール磁壁対を PS0 へ転送し論理入力値 “11” から “01” への書き換えを行った.

## 計算結果

Fig. 2 (a) にスピン波励起時の出力電圧波形を示す. 初期入力値 “11” で磁壁が安定している場合の小さな出力電圧は論理出力値 “0” に対応している. この後, スピン波導波路を流れるスピン偏極電流による STT 効果, およびピンングサイト上に配置されたヘアピン状導体線が生じる電流磁界を用いて磁壁のディピンングとピンングを行った. Fig. 2 (b) に磁壁位置の時間遷移を示す. 1 対のネール磁壁対が PS1 から PS0 へ制御性よく転送されていることが確認された. データ書き換え後の論理入力値 “01” 時の出力電圧は, 初期論理入力 “11” の出力電圧値に比べ 18 倍程度大きな値となっている. この論理入力値 “01” 時の出力は論理出力値 “1” に対応する. 以上の結果より, 磁壁転送による論理入力値の書き換えと, スピン波干渉による排他的論理和動作との連続動作の可能性が示された.

## 参考文献

- 1) A. Khitun, *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **111**, 054307 (2012)
- 2) R. Hertel, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **93**, 257202 (2004)
- 3) Y. Urazuka, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **115**, 17D505 (2014)

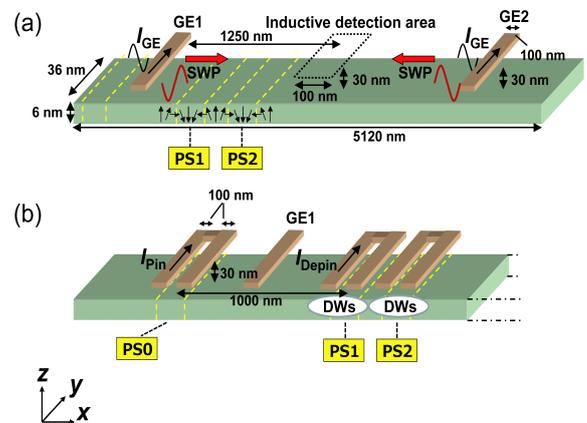


Fig. 1. (a) Schematic figure of perpendicularly magnetized nanowire with spin wave generator and detector. (b) Schematic figure of domain wall pinning sites (PS0, PS1, PS2) located at the left side of the perpendicularly magnetized nanowire

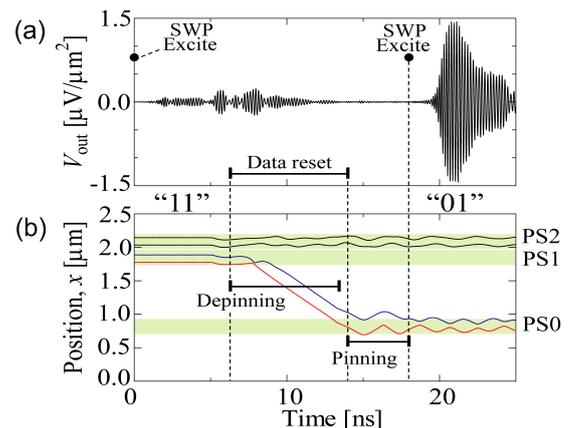


Fig. 2. (a) Inductively detected output voltage of interferometric spin wave packets. (b) Time transient of the two DW pairs driven by spin polarized currents.