

スピン偏極電流によるピニングサイトへの界面磁壁の導入と スピントルクによる磁化発振のシミュレーション

山口隼人, 田中輝光, 松山公秀
(九州大学大学院システム情報科学府)

1 はじめに

近年, スピン注入磁化反転を用いる磁気デバイスにおいてマイクロ波アシスト効果を利用して書き込み電流を低減させる研究がなされており, マイクロ波発振器の需要が高まっている. 本研究では, 面内磁気異方性材料を垂直磁気異方性材料で挟んだ柱状構造の磁性体モデルを想定し, スピン偏極電流による面内磁化材料部分への磁壁ピニングおよび磁壁磁化のマイクロ波周波数帯域での安定発振についてマイクロマグネティックシミュレーションを用いて検討した.

2 計算方法

4 層構造の磁性細線(垂直磁化層/垂直磁化層/面内磁化層/垂直磁化層)を想定した計算モデルを Fig. 1 (a) に示す. 磁性細線の上部に非磁性層を挟んでスピン偏極層を配置している. 本研究では磁性細線に入力するスピン偏極電流の波形を変化させ, 界面磁壁の形成とピニングサイトへの導入における電流密度のマーゼンと, Fig. 1(c) のように磁壁導入後にスピン偏極電流によって磁壁部分の磁化を発振させた時の磁化挙動を LLG 方程式の数値計算により求めた. 各層の材料定数は下記のように設定している. $M_s = 600$ emu/cc, 最上層である soft 層の垂直磁気異方性磁界は $H_k = 2$ kOe, hard 層の垂直磁気異方性磁界 $H_k = 13$ kOe, 面内磁気異方性磁界は $H_k = 4$ Oe とする. 各層間の交換定数は $A = 1.5$ μ erg/cm である.

3 計算結果

磁性細線に Fig. 1(b) のような 2 段形状のパルス電流を, 1 段目のパルスの幅を変化させて印加した場合, 磁壁導入のスピン偏極電流密度のマーゼンはパルス幅に依存する (Fig. 2). パルス幅が短くなるほど磁壁導入に要するスピン偏極電流密度は大きくなるが, マーゼンの割合も大きくなる. パルス幅が長くなると磁壁導入に要するスピン偏極電流密度は低下するが, マーゼンも減少するため, マーゼンが確保できる範囲でパルス幅を長くすることが低スピン偏極電流化を実現する上で重要である.

Fig. 3 は磁壁がピニングサイトにトラップされた状態の時に定常スピン偏極電流を印加し, 磁壁の磁化を発振させた場合の発振周波数の時間推移を示す. 電流密度が小さい領域では, 発振周波数が一定にならないが, スピン偏極電流密度が 20×10^6 A/cm² 程度にまで大きくなると発振周波数は高くなり, 安定して発振することがわかる. 電流密度がさらに大きくなると, ピニングサイトにトラップされた磁壁はピニングサイトから抜け出して下部に移動し, 磁性細線の磁化は全て反転した状態になり, 発振動作を行えなくなる. そのため, ピニングサイトからデピニングしない範囲である程度大きい電流密度で発振させる必要がある.

4 まとめ

本研究ではスピン偏極電流によって磁性細線に界面磁

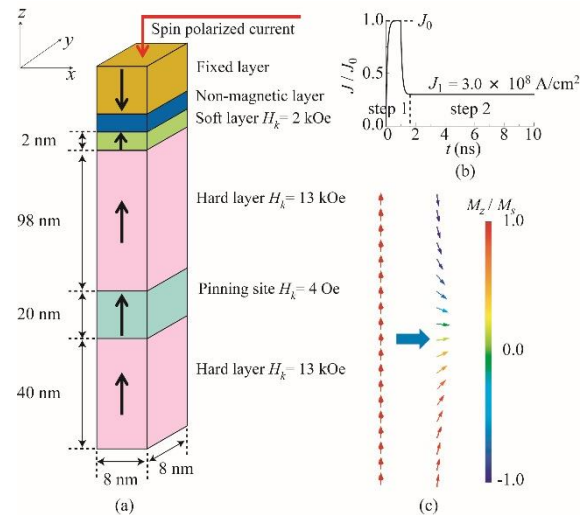


Fig. 1. (a) Schematic of designed ferromagnetic wire, (b) timing diagram of 2 steps current pulse applied to magnetic wire, and (c) magnetization configuration before and after the DW trapped at the pinning site.

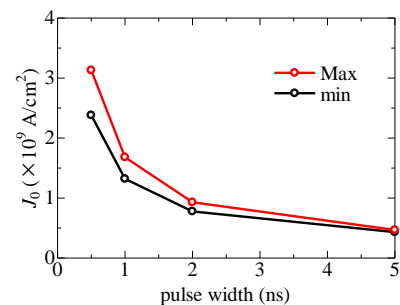


Fig. 2. Acceptable spin current density as a function of the current pulse width.

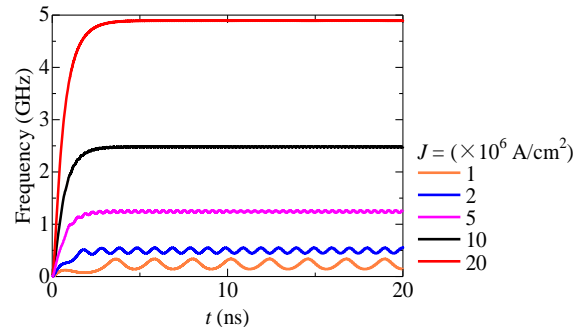


Fig. 3. Time transient of oscillation frequency.

壁を導入し, その磁壁の磁化を発振させることが出来ることを計算機シミュレーションで数値的に示した. 2 段形状のパルス電流を用い, パルス幅を調節することで磁壁導入に要する電流密度のマーゼンを確保することが出来ることを示した. さらに, ピニングサイトにトラップした磁壁の磁化を 10^7 A/cm² 程度のスピン偏極電流で安定して発振させることが出来ることを示した.

参考文献

[1] X. Zhu, and J-G. Zhu, *IEEE Trans. Magn.*, **42** (2006)