

## 垂直磁化 FePt | Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> ナノドットにおける 磁気渦ダイナミクスを介した磁化反転

関剛斎<sup>\*\*\*</sup>、周偉男<sup>\*</sup>、今村裕志<sup>\*\*\*</sup>、荒井礼子<sup>\*\*\*\*</sup>、高梨弘毅<sup>\*</sup>  
(\*東北大金研、\*\*JST さきがけ、\*\*\*産総研スピントロニクス、)

Vortex dynamics-mediated magnetization switching in perpendicularly magnetized FePt | Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> nanodots

T. Seki<sup>\*\*\*</sup>, W. Zhou<sup>\*</sup>, H. Imamura<sup>\*\*\*</sup>, H. Arai<sup>\*\*\*\*</sup> and K. Takanashi<sup>\*</sup>

(\*IMR, Tohoku Univ., \*\*JST-PRESTO, \*\*\*AIST)

### はじめに

磁気記録の超高密度化のキーテクノロジーとして、静磁場以外の外部エネルギーを磁性体に加えることで反転磁場を低減するエネルギーアシスト磁化反転が注目を集めている。高周波磁場を利用するマイクロ波アシスト磁化反転は、磁化がエネルギー障壁を乗り越えて反転するための駆動力として磁化歳差運動を共鳴励起し、小さな静磁場で磁化反転を誘起する手法である<sup>1-3)</sup>。この手法は、多値記録において選択的に反転磁場を低減できる利点がある一方、FePt 規則合金に代表される高磁気異方性材料ではサブ THz に達する高周波磁場を必要とする問題がある。我々はこれまで、面内磁化 FePt 層と Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層から成る交換結合膜において、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層内にスピン波を励起することにより FePt 層の反転磁場を大幅に低減できることを報告してきた<sup>4)</sup>。このスピン波アシスト磁化反転では、スピン波共鳴の周波数が動作周波数を定めるため、高磁気異方性材料を用いた場合でも動作周波数の増大が原理的に生じない。これは交換結合膜を用いることの重要な利点である。本研究では、磁化配置をこれまでの面内磁化から応用に適用し易い垂直磁化配置へと変化させ、垂直磁化を有する FePt | Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 交換結合膜のナノドットにおいて磁化ダイナミクスが反転磁場へ与える影響について調べ、交換結合膜におけるアシスト磁化反転の有用性を検討した。

### 実験および数値計算

MgO(001)単結晶基板の上に、Fe (1 nm) | Au (60 nm) | FePt (10 nm) | Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> (150 nm) | Au (5 nm) | Pt (3 nm)の積層構造を作製した。まず、超高真空対応マグネトロンスパッタリング装置を用いて Fe (100)面、Au (100)面および FePt (100)面をエピタキシャル成長させ、その後、イオンビームスパッタ装置を用いて Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層および Au | Pt キャップ層を成膜した。FePt 層の成膜温度は 550 °C とし、L1<sub>0</sub> 構造への規則化を促進した。電子線リソグラフィおよび Ar イオンミリングを用いて薄膜試料を直径 260 nm の円形ドットへと微細加工した。

垂直磁場下においてナノドットの磁化曲線を測定した結果、マイナーループに特徴的な挙動が観測された。FePt 層のスウィッチング磁場( $H_{sw}$ )以下では Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層の磁化反転は可逆的であり、FePt 層と Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層が界面で交換結合していることが確認された<sup>5)</sup>。実験で得られた磁化曲線とマイクロマグネティクスによる数値計算との比較したところ、FePt 層が垂直磁化を保持したまま、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層内ではボルテックス磁気構造が形成されることが明らかとなった。また、垂直磁場を増大させるにつれて、ボルテックス磁気構造が界面付近に圧縮され、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層内の磁化が垂直方向へと揃うことがわかった。

この垂直磁化 FePt | Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> ナノドットに対し、外部から高周波磁場( $H_{rf}$ )を印加して、FePt の  $H_{sw}$  を評価した。 $H_{rf} = 0$  Oe では  $H_{sw} = 8.6$  kOe であったが、11 GHz の  $H_{rf} = 200$  Oe を印加することにより 2.8 kOe まで  $H_{sw}$  が低減した。数値計算を用いて磁化反転時の詳細な磁気構造を調べたところ、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub> 層内のボルテックスの運動を介して FePt 層内に逆磁区が効果的に核生成され、その逆磁区が伝搬することによって磁化反転が進行していることが示された。

### 参考文献

- 1) J.-G. Zhu *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **44**, 125 (2008).
- 2) Y. Nozaki *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **95**, 082505 (2009).
- 3) S. Okamoto *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 237209 (2012).
- 4) T. Seki *et al.*, *Nat. Commun.* **4**, 1726 (2013).
- 5) W. Zhou *et al.*, *J. Appl. Phys.* **117**, 013905 (2015).