

GaAs (001)基板上に形成した CoFe ナノレイヤパターンにおける スイッチング磁場の膜厚依存性

Thickness Dependence of Switching Field in CoFe Nanolayers Patterned on GaAs (001) Substrates

○堀口 竜麻¹、寺本 圭吾¹、足立 裕介²、赤堀 誠志²、原 真二郎¹

¹ 北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター

² 北陸先端科学技術大学院大学 ナノマテリアルテクノロジーセンター

○R. Horiguchi¹, K. Teramoto¹, Y. Adachi², M. Akabori², S. Hara¹

¹ Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

² Center for Nano Materials and Technology, Japan Advanced Institute of Science and Technology

E-mail: horiguchi@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】半導体スピントロニクス分野では、GaAs、AlGaAs等のIII-V族化合物半導体へのスピン注入研究が盛んに行われており、スピン注入源としてCoFe/MgOやCoFeB/MgO等の強磁性トンネル接合電極が用いられている[1, 2]。我々は、半導体ナノワイヤ(NW)と強磁性電極からなる縦型NWスピントロニクス素子の実現に向け、有機金属気相選択成長法によりGaAs (111)B基板上に垂直自立型InAs NWを作製し、NW一本単独の磁気輸送特性評価等を行ってきた[3]。スピントロニクス素子では強磁性電極の磁化方向制御が要となるため、電極部の磁区構造制御及びスイッチング磁場制御は極めて重要である。本研究では、GaAs (001)基板上に堆積したCoFeナノレイヤに対し、磁気力顕微鏡(MFM)により磁区構造評価を行ったので報告する。

【実験方法】EB リソグラフィ及び RF マグネトロンスパッタリングにより、GaAs (001)基板上に $\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ ナノレイヤパターンングを室温で堆積した。ここで、CoFe ナノレイヤの膜厚は 10、20 nm とした。作製した CoFe パターンに対し、室温、ゼロ磁場下で MFM による磁区構造観察を行った。

【実験結果】図 1 及び図 2 に厚さ 20 nm の CoFe ナノレイヤの MFM 像を示す。長手方向と GaAs 基板の $\langle 1-10 \rangle$ が平行な、 $0.75 \times 2.0 \mu\text{m}^2$ パターン(以下 $\text{Is}(0.75, 2)$)及び $\text{Is}(0.5, 2)$ において、それぞれ外部磁場 $B = 500$ 及び 600 Gauss (G)で磁化反転を確認した(図 1)。一方、長手方向と基板の $\langle 110 \rangle$ が平行な、 $\text{Is}(2, 0.5)$ 及び $\text{Is}(2, 0.75)$ においては、 $B = 400$ 及び 600 G で磁化反転を確認した(図 2)。この結果は、スイッチング磁場は基板の結晶方位に依存することを示唆している。この基板の結晶方位に依存したスイッチング磁場は、面内一軸磁気異方性に起因すると考えている[4]。次に厚さ 10 nm の CoFe ナノレイヤの MFM 像を図 3 に示す。 $\text{Is}(2, 0.5)$ 及び $\text{Is}(2, 0.75)$ において、 $B = 600$ 及び 700 G で磁化反転を確認した。この結果は膜厚の減少によるスイッチング磁場の増大を示唆しており、これは CoFe 膜厚に対する表面粗さの寄与が増大したためと考えられる[5]。AFM 測定の結果、本実験の膜厚 10、20 nm における表面粗さは、それぞれ 0.7、0.3 nm 程度であった。

以上の結果は、スイッチング磁場の制御には縦横比だけでなく、基板の結晶方位及び膜厚制御も重要であることを示唆する。

【参考文献】

- [1] X. Jiang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **94**, 056601 (2005)
- [2] T. Inokuchi *et al.*, Appl. Phys. Express **2**, 023006 (2009)
- [3] P. Uredat *et al.*, Nano Lett. **20**, 618 (2020)
- [4] M. Dumm, *et al.*, J. Appl. Phys. **87**, 5457 (2000)
- [5] C. H. Lin *et al.*, Thin Solid Films **519**, 8379 (2011)

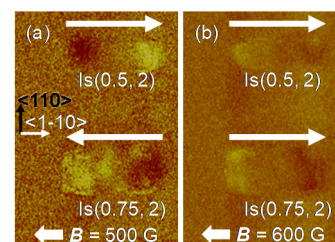


図 1 膜厚 20 nm の CoFe 薄膜 (長手方向// $\langle 1-10 \rangle$)の MFM 像: (a) 500 G、(b) 600 G

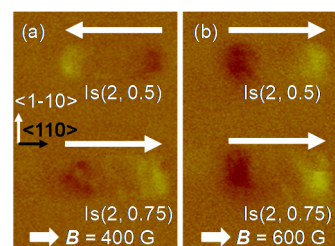


図 2 膜厚 20 nm の CoFe 薄膜 (長手方向// $\langle 110 \rangle$)の MFM 像: (a) 400 G、(b) 600 G

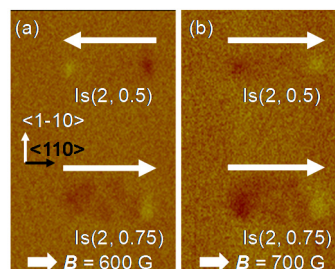


図 3 膜厚 10 nm の CoFe 薄膜 (長手方向// $\langle 110 \rangle$)の MFM 像: (a) 600 G、(b) 700 G