一軸結晶磁気異方性を有する bct FeCo 薄膜のナノドット化による磁気特性の変化

長谷川崇，熊谷洸平（院生），坂本真人（院生），中村靖子（院生），石尾俊二
（秋田大理工）

Magnetic properties of bct FeCo nanodots with uniaxial magnetocrystalline anisotropy

T. Hasegawa, K. Kumagai, M. Sakamoto, Y. Nakamura, S. Ishio
(Akita Univ.)

はじめに

永久磁石や磁気記録媒体の機能向上のためには、高い結晶磁気異方性定数（K_u）、高い飽和磁化（M_s）、高い保磁力（H_c）を兼ね備えた材料が必須である。筆者らのグループではこれまでに、FeCo 薄膜に対して軸比 c/a が 1.15～1.25 の正方晶歪（Fig.1(a)参照）を導入すると、10^7 erg/cm^3 オーダーの高 K_u が得られることを報告している[1]。しかし薄膜状態では、バルク体とは異なり膜面垂直方向の反磁場が極めて大きいために、たとえ高 K_u が得られても、高 H_c が得られにくい。そこで本研究では、正方晶歪を導入した FeCo 薄膜を、ドット直径が数十 nm の円形ドットパターン状に微細加工し、H_c をはじめとする磁気特性を調べた。

実験方法

超高真空多元同時マグネトロンスパッタリング装置（到達真空度~10^{-7} Pa）を用いて、MgO (100)単結晶基板上に、Rh 下地層（膜厚 20 nm）と $Fe_{45}Co_{45}Al_{10}$（膜厚 $1.0 < t < 20$ nm）を、それぞれ基板加熱温度が 300℃、200℃で成膜した。Al は K_u 増大のために添加した[2]。微細加工には電子線描画装置（EB）を用い、ネガ型レジスト（TEBN-1）をマスクとして、Ar イオンミリングを行った。

実験結果

Fig.1(b)は、MgO sub./Rh(20 nm)/FeCoAl(20 nm)連続薄膜の垂直（⊥）磁化曲線と消磁状態の MFM 像である。図には示していないが、軸比は c/a = 1.01、規則度は 0.1–0.2 程度、M_s = 1.95 Wb·m^{-2}（1550 emu/cm^3）、K_u = 6.8 ×10^5 J m^{-3} であった。この K_u 値から見積もられる $\mu_0 H_k$ は約 0.88 T となる。しかし薄膜状態では、反磁場 $\mu_0 H_d$ は 1.95 T と見積もられ、⊥方向の磁化曲線は図のように磁化困難軸となっている。Fig.1(c)は、上述の薄膜を、EB リソグラフィー技術でナノドット化した試料（ドット直径 D = 50 nm）の⊥磁化曲線と消磁状態の MFM 像である。磁化曲線は常磁性成分を補正してある。微細化により、反磁場は約 41%減少して 1.15 T と見積もられ、⊥磁化曲線には図のように磁化容易軸の成分が出現している。保磁力 $\mu_0 H_c$ は 0.60 T であり、$\mu_0 H_k$ の値の約 68%に達している。

[1] H. Oomiya *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys., 48 (2015) 475003. [2] S. Yoshida *et al.*, 8th Joint European Magnetic Symposia, p. 757, Glasgow, UK (2016). This work was supported by the Japan Society for the Promotion of Science KAKENHI through its Grant-in-Aid for Young Scientists (A) (JP15H05518).

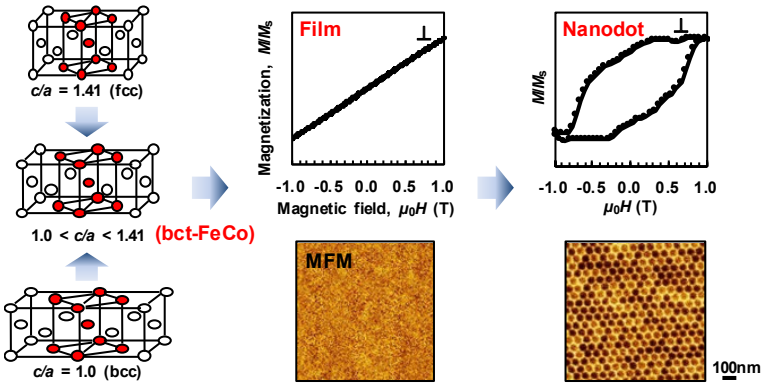

Fig. 1. (a) Schematic image of bct structure. Magnetic properties of (b) bct $Fe_{45}Co_{45}Al_{10}$ film (t = 20 nm) and (c) nanodots with D = 50 nm. (Samples were demagnetized before MFM measurements.)