

FeCoN 薄膜への Al 添加による磁気異方性の増大

武政友佑 (院生), 白井千尋 (院生), 長谷川崇
(秋田大理工)

Enhancement of magnetic anisotropy for FeCoN films by Al addition

Yusuke Takemasa, Chihiro Shirai, Takashi Hasegawa
(Akita University)

序論

FeCo 合金は、遷移金属合金中で最大の飽和磁化 (M_s) と、比較的高いキュリー温度を有する材料であるが、立方晶であるため、一軸磁気異方性 (K_u) をもたない軟磁性材料として知られる。そのような中、FeCo 格子に正方晶歪 ($c/a = 1.25$) を導入することで高い M_s と K_u が実現することが、理論計算^[1]と実験^[2]の両面から報告された。実験での正方晶歪の導入には、置換型元素である V と侵入型元素である N の同時添加が有効であることが我々の最近の研究で明らかになっている^[3]。しかし、V と N の同時添加は、正方晶歪の導入には効果的だが、FeCo 合金と比べて M_s が低下する問題がある。そこで本研究では、N のみを添加、あるいは N と Al を同時添加することで、より高い M_s と K_u を合わせもつ材料の探索を行った。

実験方法

試料作製には超高真空多元マグネトロンスパッタリング装置 (到達真空度 $\sim 10^{-7}$) を用いた。基板には MgO(100)単結晶基板を用いて、下地層として Rh を 20 nm、磁性膜として FeCoN あるいは FeCoAlN を膜厚 5 nm で順に成膜した。基板加熱温度は、Rh と FeCoN, FeCoAlN で各々 300 °C、200 °C で成膜を行った。その上に、SiO₂ キャップ層 (膜厚 5 nm) を室温で成膜した。N 添加量は、スパッタガスである Ar と N₂ の混合比で制御した。Ar と N₂ の合計圧力は 0.3 Pa であり、本実験での N₂ の分圧 ($N_2/(Ar + N_2)$) は 0~18 % (0~0.054 Pa) で変化させた。FeCo および FeCoAl の組成分析には電子線マイクロアナライザ (EPMA)、N 組成の分析には EPMA と X 線光電子分光分析装置 (XPS) を用いた。結晶構造解析には X 線回折装置 (In-plane XRD, Out-of-plane XRD, CuK α)、磁気特性評価には振動試料型磁力計 (VSM) を用いた。

実験結果

Fig. 1 (a)は K_u を N 添加量 (x) に対してプロットしたもの、(b)は K_u を c/a に対してプロットしたものである。FeCoN は○、FeCoAlN は●で示されている。(a)をみると、FeCoN と FeCoAlN とともに、 K_u は $x = 3 \sim 5$ at.% で極大を示している。また、FeCoAlN の方が、FeCoN よりも総じて高い K_u が得られていることがわかる。(b)をみると、FeCoN と FeCoAlN とともに、 K_u は $c/a = 1.05 \sim 1.08$ 付近で極大を示している。例えば FeCoAlN では、 $c/a = 1.08$ で $K_u = 1.24 \times 10^7$ erg/cm³ の最大値が得られ、FeCoN では $c/a = 1.05$ で $K_u = 1.09 \times 10^7$ erg/cm³ の最大値が得られており、FeCoAlN の方が約 14%高くなっている。また、 c/a がほぼ同じ値の場合には、FeCoAlN の方が FeCoN よりも総じて高い K_u を示す傾向が見られる。以上の結果より、正方晶構造を有する FeCoN への Al 添加は、 K_u の向上に有効であると考えられる。

参考文献

- 1) Y. Kota and A. Sakuma, *Appl. Phys. Express*, 5, 113002 (2012).
- 2) 石尾俊二, 長谷川崇 et al., まぐね, 12, 21-25 (2017).
- 3) T. Hasegawa et al., *Scientific Reports*, 9, 5248 (2019).

謝辞: この研究は NEDO の支援を受けた。

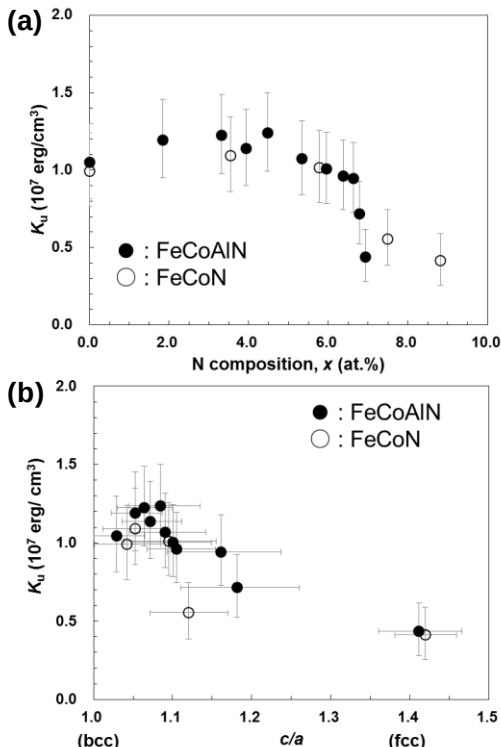


Fig. 1 K_u of the $(\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{100-x}\text{N}_x$ (●) and the $((\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{0.9}\text{Al}_{0.1})_{100-x}\text{N}_x$ (○) as a function of (a) N composition (x) and (b) c/a .