

第23回青葉工学研究奨励賞



新規永久磁石材料応用FeCo基薄膜の磁気異方性向上と磁性複合ナノ粒子の形態制御に関する研究

東北大学大学院工学研究科
知能デバイス材料学専攻
助教 松浦昌志

永久磁石はモータや発電機など回転機をはじめ、MRIなど医療用機器にも使用されており、現代社会に欠かすことのできない材料である。現在最高の磁気特性を有するNd-Fe-B系焼結磁石は、その最大エネルギー積が理論値の90%以上に達しており、これ以上の特性向上は見込めない。さらに、耐熱性向上のために添加するDyなどの重希土類元素は資源リスクが伴う。そのため、次世代永久磁石の開発が望まれている。

新規磁石材料の候補の一つとして、正方晶型FeCo合金が挙げられる。高飽和磁化を有するFeCo合金は、結晶格子歪を20%ほど歪ませたbct構造をとることで高飽和磁化かつ高い結晶磁気異方性 (K_u) を発現し、Nd-Fe-B系磁石を超える磁石となり得るというシミュレーション結果が報告されている^[1]。そこで我々はスパッタリング法により作製したFe-Co系薄膜について、下地層による格子歪の導入に加え、複数の元素を同時添加することで格子歪を増大させる複合効果に着目し、格子歪の導入による磁気異方性の増大を試みた。本研究開始以前にFeCo薄膜に添加元素を加えて格子歪を増大させる試みはなく、その添加元素の効果は明らかではなかった。

MgO基板上に作製したRh/FeCo-X-N薄膜 (X=Cr, Sn, Mn, V, Zr, Ti) について添加元素の効果を調べた結果、TiとNを複合添加した場合に、膜面直方向に異方性を有する薄膜が得られた^[2]。このときXRDならびにTEM観察により格子が一軸に歪んだbct構造を有していることが明らかとなった。さらに、膜厚の増大につれて磁気異方性ならびに格子歪は減少するもの (図1 (a))、62 nmでも $K_u=0.46$

$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ ならびに $c/a=1.05$ が得られた^[3, 4]。これは既報値よりも厚い膜厚でも格子歪ならびに磁気異方性が増大することを示した結果であり、さらにTiとNの複合添加による効果であることを明らかにした。今後はさらなる磁気異方性向上ならびに、粉末やバルクへの応用を図っていく。

また我々は、新規磁石材料の候補として提唱されているナノコンポジット磁石の開発に向け、ソフト磁性ならびにハード磁性ナノ粒子を複合化した、複合磁性ナノ粒子の開発にも取り組んできた。水素プラズマ-金属反応法で作製したFeナノ粒子 (平均粒径43 nm) に対し、アークプラズマ蒸着法によりMn-Biを蒸着することで複合ナノ粒子の作製を試みた。その結果、図1 (b) に示したように、Fe/Mn-Bi複合ナノ粒子を気相法にて作製することに成功した^[6]。今後は磁気特性の向上のため、組織の均一性向上や熱処理時の元素の拡散抑制などに取り組んでいく。

- [1] T. Burkert, *et al.*, Phys. Rev. Lett., 93 (2004) 027203.
- [2] M. Matsuura, *et al.*, J. Appl. Phys., 117 (2015) 17A738.
- [3] 河原崇範, 松浦昌志ら, 電気学会論文誌A, Vol. 136 (2016) 804.
- [4] 河原崇範, 松浦昌志ら, 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-15-160, (2015).
- [5] L. Reichel *et al.*: Corrected Abstracts of the IEEE INTERMAG 2014, EF-3, Dresden, Germany, (2014).
- [6] 松浦昌志ら, J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy, 64 (2017) 364.

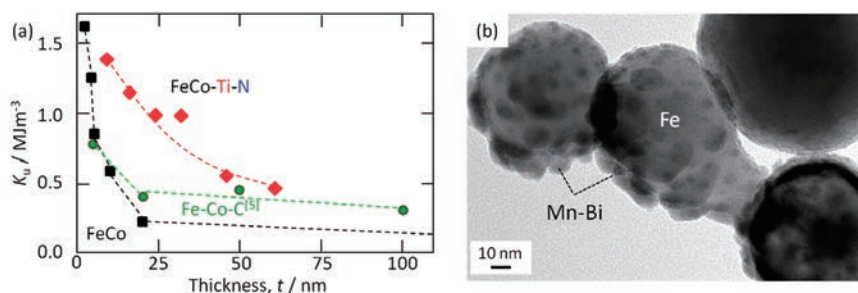


図1 (a) Rh/FeCo-Ti-N薄膜の磁気異方性定数 (K_u) の膜厚依存性、(b) Fe/Mn-Bi複合ナノ粒子の透過電子顕微鏡像。