

杉本 諭

東北大学 大学院 工学研究科
教授

結晶構造制御による Fe 基新規磁性化合物の探索

§ 1. 研究実施体制

(1)「杉本」グループ

① 研究代表者:杉本 諭 (東北大学大学院工学研究科、教授)

(注: 亀川 厚則 (東北大学大学院工学研究科、准教授)は、平成 24 年 7 月まで研究項目 II-(3)「超高压合成法による Fe-Co 基化合物・合金の探索」の主たる共同研究者。その後、杉本グループの研究参画者に登録変更し、同研究項目を継続。)

② 研究項目

II.材料ならびに作製技術の開発研究

II-(1)薄膜技術による新規 Fe 基化合物の開発に関する研究

II-(2)微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究

II-(3)超高压合成法による Fe-Co 基化合物・合金の探索

(2)「大谷」グループ

① 主たる共同研究者:大谷 博司 (東北大学多元物質研究所、教授)

② 研究項目

I. 計算科学を用いた状態図計算

(3)「山内」グループ

① 主たる共同研究者:山内 美穂 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、准教授)

② 研究項目

II-(2)微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究

§ 2. 研究実施の概要

本研究チームでは、Fe、Co などの遷移金属基材料を中心に、結晶構造を制御して高い磁化と高い結晶磁気異方性を両立した新規磁性材料の探索を目指している。そのため、I. 状態図研究を中心とした計算科学と、II. 種々の材料学的手法を用いた開発研究((1)薄膜技術、(2)微粒子・粉末技術、(3)超高压技術)を連携させて研究を推進している。平成 26 年度は、これまでの研究を継続するとともに、さらに発展させることを目的とした。得られている成果をまとめると以下ようになる。

I. 計算科学を用いた状態図計算(大谷グループ):

Fe 基新規磁性材料開発における合金元素選択のクライテリアを確立するために、電子論と熱力学を基盤にした研究を実施している。平成 26 年度は磁気特性に優れる有力な物質群を拡大する目的で、これまでの合金系に加えて Fe₂YZ 型のホイスラー合金、および最近杉本グループにより高い磁氣的性質が見いだされた Mn₃SnN と同じ逆ペロブスカイト構造を有する Fe 基合金も対象とし、それらの熱力学的安定性、磁氣的特性の計算を行った。また Mn-Bi-Sb3元系の熱力学的解析を行い、高温で高い保磁力を示すことから注目されている αMnBi 相への Sb 添加の効果について考察を行った。

II. 材料ならびに作製技術の開発研究

II - (1). 薄膜技術による新規 Fe 基化合物の開発に関する研究(杉本グループ):

Rh 下地層上に N₂+Ar 混合ガスを用いて成膜した FeCo-Ti-N 薄膜において、膜面直方向に~0.57 MJ/m³の磁気異方性が発現した。XRD により c/a を評価した結果、その値は 1.08 であった。さらに HR-TEM 観察の結果、Rh 界面近傍にて格子の歪が大きいことが分かった。

II - (2). 微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究(杉本グループ):

高磁気異方性合金の探索では、平成 25 年度に引き続き、水素プラズマ反応法により Fe-X 系微粒子を作製し、それを窒化することによって高異方性の発現の有無を検討した。また、本 CREST 研究で開発した希土類磁石並みの高保磁力が得られる Mn-Sn-Co-N 系合金について磁気特性と組織の関係を調べ、保磁力機構はペロブスカイト型 Mn 窒化物相中に多数入る双晶における磁壁ピンニング型であることが示唆された。さらに、大谷グループの結果から高い磁気異方性発現の可能性のある合金系の検討も行った。一方、ナノコンポジット磁石の検討では、ハード磁性相ナノ粒子の作製のためアークプラズマ蒸着法にて Fe-Pt ナノ粒子を作製し 400 kA/m を超える保磁力を得た。また、組織制御により微細 2 相組織になる可能性のある Fe 系合金において検討を行った。

II – (2). 微粒子・粉末技術による高磁気異方性の発現とナノコンポジット化に関する研究 (山内グループ):

平成 25 年度に引き続き、アンモニア雰囲気下における Fe および FeCo ナノ合金の構造変化の観察を行った。まず、高い保磁力を示す正方晶 Fe_{16}N_2 の最適作製条件の探索を行った。その結果、160 °C でアンモニアガスと反応させることで、80wt% 程度の Fe が Fe_{16}N_2 相に変化することがわかった。次に、同様な条件下で $\text{Fe}_{85}\text{Co}_{15}$ ナノ合金の窒化を試みたところ、57 wt% の正方晶を含む Fe-Co ナノ合金を作製することができた。

II – (3). 超高压合成法による Fe-Co 基化合物・合金の探索 (杉本グループ):

昨年度に引き続き、磁石材料の候補となるような物質探索を、超高压合成法を用いて行った。遷移金属元素に Mn をベースとし、リチウムアミド (LiNH_2) との混合体を 2~13.6 GPa の高圧下で合成したところ、化学組成は未検討ながらも正方晶系の新規化合物合成に成功し、この試料は最大印加磁場 1.6 MA m^{-1} において約 $20 \text{ A m}^2 \text{ kg}^{-1}$ 、保磁力が約 300 kA m^{-1} を示した。

代表的な原著論文

1

上満愛美, 榎木勝徳, 飯久保智, 大谷博司, “Mn-Bi-Sb 3 元系状態図の熱力学的解析”, 日本金属学会誌, 78 (9), pp. 327-336, (2014).

2

Masashi Matsuura, Keita Isogai, Keita Shinaji, Nobuki Tezuka, and Satoshi Sugimoto, “Microstructure and coercivity of nitrided Mn-Sn-based alloys”, Journal of Alloys and Compounds, 605, pp.208-212, 2014.

3

Takeshi Matsumoto, Masaaki Sadakiyo, Mei Lee Ooi, Sho Kitano, Tomokazu Yamamoto, Syo Matsumura, Kenichi Kato, Tatsuya Takeguchi, Miho Yamauchi, “CO₂-Free Power Generation on an Iron Group Nanoalloy Catalyst via Selective Oxidation of Ethylene Glycol to Oxalic Acid in Alkaline Media”, Sci. Rep., 4, 5620, 2014.