



## 研究課題名 極限磁性スピナノ構造体の創製

東北大学・大学院工学研究科・教授 **たかはし 高橋** **みがく 研**

研究分野：理工系・工学・電気電子工学・電子・電気材料工学

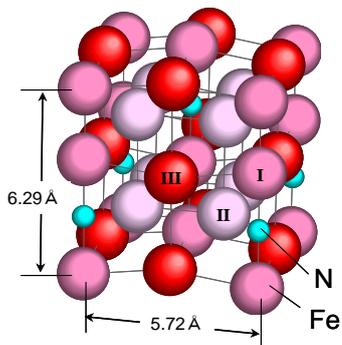
キーワード：磁性体、飽和磁化、窒化鉄、ナノ粒子、薄膜

### 【研究の背景・目的】

エクサバイト級の情報量が世界中を駆け巡る情報爆発時代の到来に向け、大容量の情報をより高速で伝送する高速情報通信システムに対応した超低消費電力かつ小型であり、加えて、限られた資源環境を駆使し低環境負荷、二酸化炭素排出の大幅抑制を可能とする電子デバイス・電気機器を意図して、高飽和磁化を有するナノサイズのスピナノ構造体(ナノ粒子)の合成技術を構築し、100年間の磁性材料の歴史の中で打ち破られることがなかったスレーター・ポーリング曲線限界を超える極限磁性の獲得を目指す。また、スピナノ構造体の集合体形成技術の構築を通して、電子部品・電気機器材料としての高飽和磁化ナノ粒子の新たな応用展開の可能性を探索する。

### 【研究の方法】

本研究では、高飽和磁化の可能性を秘めた窒化鉄に着目した。特に、 $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ 相(下図)は準安定相であるものの最大で10kOe程度の大きな結晶磁気異方性磁界を示し、かつ、1880Gの飽和磁化を有する。



窒化鉄の結晶構造。

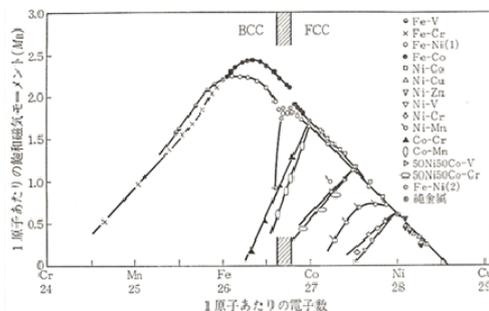
例えば、結晶粒径が数nm～数百nmのナノ粒子とし、粒子間の磁氣的相互作用を断ち切った微細ナノ組織に制御し、かつ数cm～数十cm程度の大きさを有するバルク状のナノ粒子集合体とすることができれば、磁気デバイスを中心とした電子部品・電気機器の軽薄短小化ならびに革新的な高特性・高機能化が期待される。そこで、ナノ粒子窒化技術として、窒化とナノ粒子生成を同時に行うアンモニア添加型直接合成法、および、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ナノキューブ等の前駆ナノ粒子を窒化する間接合成法を構築し、各種構造評価・磁気物性評価を通して、フリーな界面を有する表面原子の存在を積極活用し、1880G以上の高飽和磁化を有する極限磁性ス

ピナノ構造体の実現を図る。

### 【期待される成果と意義】

磁性材料における高飽和磁化の研究は磁性材料研究の王道であり、その歴史はおよそ100年にも及ぶ。しかしながら、得られる飽和磁化の上限はスレーター・ポーリング曲線(下図)に縛られ、Fe-Co合金の1880G(2.4MB)を超える新たな材料の発見に未だ至っていない。

本研究の主眼となる窒化鉄ナノ粒子型磁性材料は、 $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$ 相を主相とし結晶格子歪をさらに誘起することが可能となれば、本問題を一気に解決する革新的ブレークスルーとなり得る新材料につながる可能性を秘めている。また、鉄と窒素のみで構成されるという至極ありふれた元素で超高性能な革新的磁性材料が実現できる可能性を秘めており、資源戦略性の観点からも大変意義深い新材料となることが期待される。



スレーター・ポーリング曲線

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・ Takahashi and H. Shoji, "α'- $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  problem - giant magnetic moment or not - (invited)", *J. Magn. Magn. Mater.*, **208**, 145 (2000).

・ Sunaga, M. Tsunoda, and M. Takahashi, Effect of Axial Ratio and Atomic Volume on Magnetism of α' and γ'-Fe-N", *IEEE. Trans. Magn.*, **42** (10), 3020 (2006).

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度～25年度

157,400千円

ホームページ等

<http://www.takahashi.ecei.tohoku.ac.jp/index.htm>