

## アモルファス Fe-B 軟磁性微粒子の高周波磁気特性

村田 啓太、宮崎 孝道、増本 博、遠藤 恭  
(東北大学)

Study of magnetic properties of amorphous Fe-B soft magnetic particles  
Keita Murata, Takamichi Miyazaki, Hiroshi Masumoto, Yasushi Endo  
(Tohoku Univ.)

### はじめに

電子機器の高周波化が進むにつれて、GHz 帯における電磁ノイズ抑制体 (NSS) の需要が高まっている。一般的な NSS は、フェライトや磁性粉を樹脂に含んだシート状の構造となっているが、抵抗率が低く、渦電流損失によって GHz 帯において NSS 特性が低下する問題が指摘されている。我々のグループでは、これまでに水溶液還元反応法を改良した合成法で作製した Fe-B-P や Co-Fe-B などのアモルファス軟磁性合金微粒子の構造・磁気特性を検討し<sup>1)</sup>、高抵抗率かつ良好な軟磁気特性が得られることを報告してきた。

本研究では、新たに高い飽和磁束密度 ( $B_s$ ) の高い Fe-B アモルファス合金を選択し、アモルファス Fe-B 軟磁性微粒子の合成法とそれらの構造・磁気特性について検討した。

### 実験方法

アモルファス Fe-B 微粒子の合成法は、水溶液還元反応法を改良した方法であり、鉄塩を含む水溶液中に還元剤となる  $\text{NaBH}_4$  を攪拌しながら滴下することで微粒子を得ることができる。

合成した微粒子の形状観察および構造解析に関しては、SEM および TEM を用いた。また、それらの磁気特性に関しては、微粒子とバインダーに用いた絶縁体の樹脂との Vol.% を 50% : 50% としてコンポジット材を作製し、それらを用いて VSM および複素透磁率測定装置により評価した。

### 実験結果

図 1 は合成した Fe-B 微粒子における SEM 像の一例である。形状は分散した粒径で、平均粒径  $D_{50}$  はとなった。合成法を調整することにより、所望の  $D_{50}$  を有する Fe-B 微粒子の合成が可能であることを確認した。また、合成した微粒子における TEM 像においてハローパターンが観測されたことから、これらの結晶構造はアモルファス状態であることがわかった。

また、合成した微粒子における磁気特性に関して、飽和磁化 ( $\sigma_s$ ) は  $D_{50}$  に関係なくほぼ一定で、それらの値は 130~150 emu/g となった。保磁力 ( $H_c$ ) は平均粒径  $D_{50}$  の増加にともないおおむね  $D^{-1}$  に沿って減少した。図 2 は複素透磁率の虚部をフィッティングおよび解析して導出した  $D_{50}$  による Fe-B 微粒子における共鳴ピーク周波数 ( $f_{\text{FMR}}$ ) と線幅 ( $\Delta f_{\text{FMR}}$ ) の変化である。 $f_{\text{FMR}}$  は  $D_{50}$  の増加にともない 2.5 GHz から 1.7 GHz へ減少した。これらはいずれも L-S バンド内に存在した。また、 $\Delta f_{\text{FMR}}$  は 5G に利用される 3~6 GHz を包含していた。以上より、合成したアモルファス Fe-B 軟磁性微粒子は GHz 帯における NSS への応用が期待できることと考えられる。

### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP19K21952 の助成と、東北大学国際集積エレクトロニクス開発センター(CIES)、東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター(CSRN)および東北大学先端スピントロニクス研究開発センター(CSIS)の支援のもとで行われました。

### 参考文献

1) Y. Shimada, Y. Endo, M. Yamaguchi, S. Okamoto, O. Kitakami, Y. Imano, H. Matsumoto, and S. Yoshida, IEEE Trans. Magn., 45 (2009) 4298–4301.

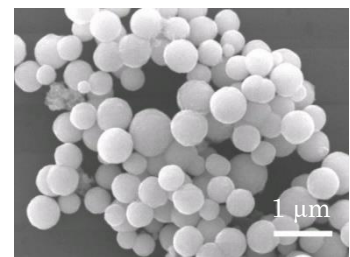


Fig. 1. SEM image of amorphous Fe-B particles

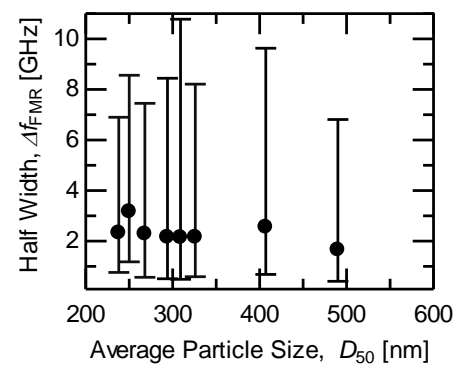


Fig. 2. Size dependence of Half-Width of FMR frequency,  $\Delta f_{\text{FMR}}$