

外部磁界と外部電界を用いた窒化鉄ナノ粒子柱状集合体の作製とその静的・動的磁気特性

○小川智之^{1,2}、本波優介¹、遠藤恭¹

(¹ 東北大院工、² 東北大 RaMGI)

Columnar-structured assembly of iron-nitride nanoparticles fabricated by external magnetic and electric fields and its static and dynamic magnetic properties

○T. Ogawa^{1,2}, Y. Honnami¹, Y. Endo¹

(¹Eng., ²RaMGI, Tohoku Univ.)

はじめに

我々は、磁性ナノ粒子集合体を GHz 帯域で駆動させるひとつの手法として、高飽和磁化ナノ粒子を一方向に並べることで集合体中の内部磁界を揃え形状異方性を付与することを提案している¹⁾。これまで、純鉄ナノ粒子を用いて外部磁界を印加しながら母材を固化することで柱状集合体を実現してきた。しかし、この手法ではナノ粒子の配列が不十分・不均一であった。そこで、本研究では、高飽和磁化ナノ粒子として窒化鉄(α'' -Fe₁₆N₂)ナノ粒子を用い、更に、外部磁界と同時に外部電界を印加することで、粒子配列と同時に母材料の配列を促し柱状集合体形状の積極制御を試みた。また、得られた集合体の反磁界係数および高周波磁気特性の評価を通して、GHz 帯域駆動の検証を行った。

実験方法

合成した α'' -Fe₁₆N₂ ナノ粒子と液状エポキシ系樹脂を混合しテフロンチューブに詰めた後、磁気回路中で DC 磁界($H_{\text{fix}} = 4.5 \text{ kOe}$)とそれに平行して DC 電界($E_{\text{fix}} = 50 \text{ V/cm} \sim 8 \text{ kV/cm}$)を印加しながら 100°C に加熱して樹脂を固めて集合体とした。試料振動型磁力計(VSM)、および、面内高周波プローバを用いて、得られた集合体の静的・動的特性を評価した。

実験結果

作製した円盤状試料の各方向(x, y, z)の磁化曲線から算出した反磁界係数を用いて得られる面内形状異方性指数 $m (=N_y/N_x)$ の充填率依存性を Fig.1 に示す。これより、今回用いた低粘性のエポキシ樹脂の適用と外部磁界に加え外部電界を同時印加することにより、 m は最大で 35 程度まで大きくなり、これは窒化鉄ナノ粒子集合体の柱状構造が促進していることを示唆する。Fig.2 に、S パラメータの S_{11} 実数成分の周波数依存性を示す。図中矢印で示すスペクトルの極大位置は強磁性共鳴周波数を示し、 m が 16 から 30 まで増加するとともに、11.7GHz から 19.1GHz まで増大していることが分かった。これは窒化鉄ナノ粒子集合体の柱状構造の促進により集合体中の内部磁界が大きくなり、結果として、高周波駆動化に繋がったものと考えられる。

参考文献

- 1) 小川智之、まぐね 12, No. 3, 115 (2017).

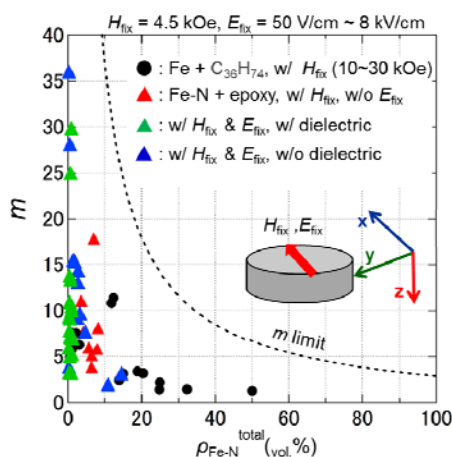


Fig.1 m v.s. $\rho_{\text{Fe-N}}^{\text{total}}$ for Fe-N assemblies fabricated by w/ H_{fix} and w/ or w/o E_{fix} .

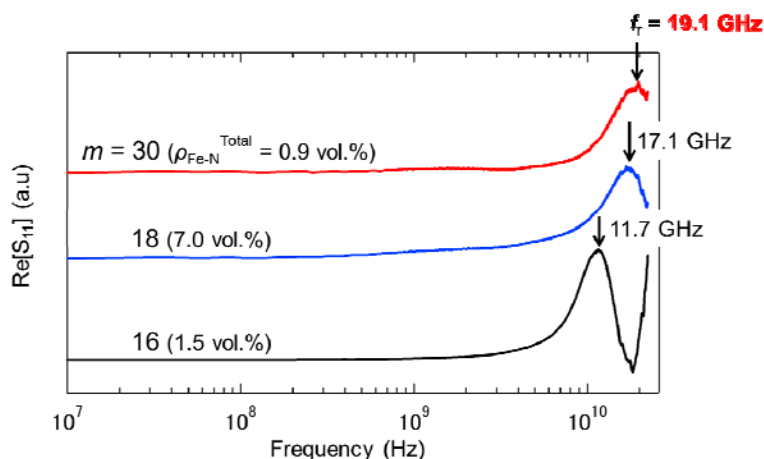


Fig.2 Frequency dependence of real part of S_{11} for Fe-N columnar structured assemblies with different m .