

FeCo-MgF ナノグラニューラ膜の磁気-誘電効果

小林伸聖, 岩佐忠義, 石田今朝男, 増本博*, 高橋三郎**, 前川禎通***
(電磁研, *東北大学際研, **東北大金研, ***原研先端基礎研)

Magnetic-dielectric effects of FeCo-MgF insulating nanogranular films

N. Kobayashi, T. Iwasa, K. Ishida, H. Masumoto*, S. Takahashi**, and S. Maekawa***
(DENJIKEN, *FRIS, Tohoku Univ., **IMR, Tohoku Univ., ***ASRC, JAEA)

はじめに

金属-絶縁体ナノグラニューラ薄膜は、絶縁体マトリックスに微細な金属グラニューラが分散したナノメートルサイズの構造を有し、高周波軟磁性やトンネル型磁気抵抗効果などの、絶縁体と磁性粒子の双方の特性が複合化したユニークな機能性を発現する。マトリックスの絶縁体は誘電特性を示すので、金属グラニューラを含むナノグラニューラ構造薄膜において、特徴的な誘電特性を示すことが期待される。本研究では、結晶化したマトリックスを有するナノグラニューラ薄膜として FeCo-MgF 系に着目し、その誘電特性および磁気-誘電効果について検討し、その発現メカニズムについて理論考察を行った。

実験方法

薄膜試料は、高周波スパッタ装置により、タンデム法によって作製した。ターゲットは FeCo 合金円板(75mm φ)と、MgF₂ 円板(75mm φ)を用いた。誘電特性評価には LCR メーターを用い、磁化曲線は、AGM (alternating gradient magnetometer) で測定した。構造解析は XRD および高分解能 TEM、組成分析は WDS によって行った。尚、各測定は室温で行った。

結果

Fig. 1 には Fe₉Co₈Mg₂₆F₅₇ 膜の印加磁界 (H) と誘電率の変化率 ($\Delta \epsilon' / \epsilon'_0$) を示す。誘電率は、H の増加に伴って増加し、H=800kA/m において約 3% の変化率を示す。 $\Delta \epsilon' / \epsilon'_0$ は $(M/M_{1200})^2$ の外挿曲線と非常に良く対応しており、このことは、誘電率の変化が膜の磁化過程に対応していることを示している。この膜の電気抵抗率は我々の測定系の上限限界の $\sim 10^4 \Omega \text{m}$ を超えたほぼ絶縁体であり、磁気抵抗効果も観測されないことから、この膜の磁気-誘電効果は複相系の古典論では説明することができない。我々は、電界変化に伴うナノグラニューラ間の電荷の振動を考慮することによって、ナノグラニューラ膜の誘電特性の挙動およびその磁界変化のメカニズムを解明し、理論計算と実験値の非常に良好な一致を確認した。これまでに報告されているマルチフェロイック材料等の磁気-誘電効果を示す材料は、特性が確認される温度は -200°C 程度の極低温であり、室温で磁気-誘電効果が確認されたのは、実用的にも有意な結果である。

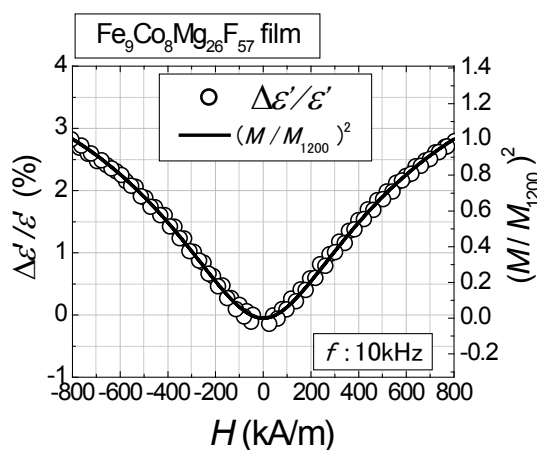


Fig. 1. Magnetodielectric ratio $\Delta \epsilon' / \epsilon'_0$ vs. applied magnetic field H in the Fe₉Co₈Mg₂₆F₅₇ film. The solid curve represents the values of $(M/M_{1200})^2$ as a function of magnetic field H .