

低損失磁気-誘電 Co-AlN-SiO₂ ナノグラニューラー膜の作製

青木英恵、増本博、大沼繁弘*、山口正洋
(東北大、*電磁研)

Fabrication of Co-AlN-SiO₂ nano-granular films with low magnetic-dielectric loss
Hanae Aoki, Hiroshi Masumoto, Shigehiro Ohnuma* and Masahiro Yamaguchi
(Tohoku Univ., *Denjiken)

はじめに

透磁率・誘電率の高い材料をアンテナ素子へ導入すると、その波長短縮効果から実際の空間波長より物理長が小さくなり、素子を小型化できる。フェライトおよびその微粒子の複合体が主に研究されているが、2-6 GHz 帯の動作周波数が要求される次世代アンテナに応用できる多機能薄膜材料は見出されていない。我々は、Co 系ナノグラニューラー材料の磁性-誘電両特性の発現可能性について検討し、垂直磁化を持つなどの優れた高周波軟磁性膜を創製してきたが、アンテナ向け材料としては電気比抵抗が小さい($\sim 1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$)という問題があった。GHz 帯で渦電流を抑えるという点からも、多層化や高電気抵抗化がこれまでに CoFe-SiO₂ グラニューラー膜の優れた高周波軟磁気特性が報告されている。タンデム法は粒径や粒子密度を制御し、均一なグラニューラー構造を形成する手法として古くから知られているが、近年、回転方向と垂直にわずかな磁気異方性が付与される点も見出されている¹⁾。

本研究では、タンデムスパッタ法を用いて、高周波帯域まで透磁率が高く、高抵抗なナノグラニューラー膜を作製することを目的とした。

実験方法

Co-AlN-SiO₂ ナノグラニューラー膜の作製は、二元 RF マグネトロンカソードを用いたタンデムスパッタで作製した。膜組成、結晶構造および微細構造は、それぞれ XRF(SEM-EDX), XRD および TEM で決定した。電気抵抗は 4 端子法で測定した。膜の静磁気特性は VSM で測定し、膜面内の飽和磁化、異方性磁界および保磁力を決定した。

実験結果と考察

膜の組成は Co₁₄-(AlN)₂₂-(SiO₂)₆₄ [at. %] であり、電気比抵抗は $1.8 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ であった。XRD より膜に平均粒径 1-3 nm の Co 粒子が存在し、図 1 の膜の TEM 観察像から分かるように均一なグラニューラー構造であることが分かった。Co の粒子間にアモルファスの AlN-SiO₂ 相が存在し、この層が膜の高電気比抵抗に寄与していると考えられる。

膜面内の磁化曲線を図 2 に示す。膜の飽和磁界は 1500 G であり、面内に 20 Oe の異方性磁界を有する強磁性膜であることが分かった。報告者らはこれまでに、Co-AlN 系膜が従来のグラニューラー系膜よりも低い Co 組成範囲(30 at.% 以上)で強磁性を示すことを明らかにしてきた²⁾が、本報告の Co-AlN-SiO₂ 膜では 14 at.% の低 Co 組成の高抵抗膜においても良好な軟磁気特性を有する強磁性膜が得られた。

参考文献

- 1) M. Naoe et al., J. Magn. Magn. Mater., 391 (2015) 213.
- 2) H. Kijima et al., IEEE. Trans. Magn., 47 (2011) 3928.

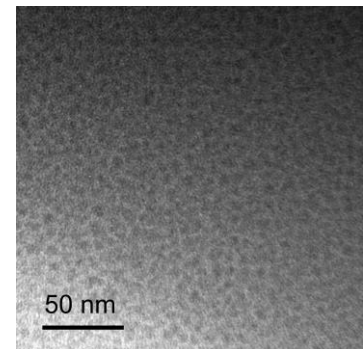


Fig.1 TEM image of Co-AlN-SiO₂ nano-granular film.

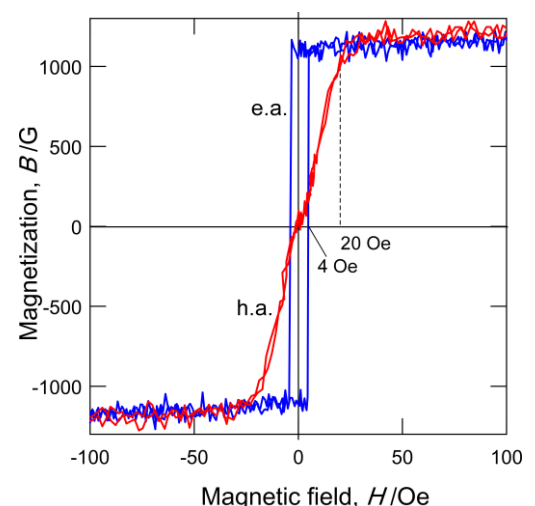


Fig.2 Magnetization hysteresis of Co-AlN-SiO₂ nano-granular film with magnetized easy(e.a.) and hard(h.a.) axis.