

計算と実験による積層型ナノコンポジット軟磁性薄膜の磁化過程解析

Computational and Experimental Analysis of Magnetization Processes in Laminated Nanocomposite Soft Magnetic Thin Films

東理大先進工¹,

○(B)谷 春菜¹, 山崎 貴大¹, Foggiatto Lira Alexandre¹, 三俣 千春¹, 小嗣 真人¹

Tokyo Univ. of Sci.¹, ○(B)Haruna Tani¹, Takahiro Yamazaki¹, Foggiatto Lira Alexandre¹,

Chiharu Mtsumata¹, Masato Kotsugi¹

E-mail: 8219073@ed.tus.ac.jp

電気自動車の普及を背景に、モータのエネルギー高効率化は重要な課題である。これは、鉄心に用いられる軟磁性材料の鉄損により決定され、鉄損抑制のためには保磁力の低減が必要である。そこで近年注目されているのがナノ結晶材料である。この優れた軟磁性は、ランダム磁気異方性モデルに基づくナノスケール効果^[1]に由来する。これをモータ用鉄心へ適用することでさらなる保磁力の低下、低エネルギー損失化が期待される。しかし、現行のナノ結晶材料は Fe 濃度比が従来の電磁鋼板よりも低く、飽和磁束密度が不十分であった。そこで本研究では、飽和磁束密度の高い純 Fe 層をナノスケールで積層する積層型ナノコンポジット軟磁性薄膜を提案し、優れた飽和磁束密度と保磁力を兼備する新規軟磁性材料の設計指針の構築を目指した。

本研究では、シミュレーションと実験の両アプローチからヒステリシス解析を実施した。薄膜サンプルは、アモルファス層(FeSiBPCuC)により Fe 層を挟み込んだ 3 層構造とした。試料全体の膜厚は 58 nm とし、アモルファス層と Fe 層の膜厚を変化させた。まず、LLG シミュレーションにより、磁気ヒステリシス曲線および磁区構造を取得した。次に、DC マグネトロンスパッタ装置を用いて実際に薄膜サンプルを作製し、振動試料型磁力計を用いて磁気特性評価を行った。最後に両結果から、保磁力の膜厚依存性の妥当性評価を行った。

磁気シミュレーションにより取得した保磁力の膜厚依存性を Fig.1 に示す。3 層膜の保磁力は、挿入した Fe 層の膜厚が 10 nm 以上のとき、単層のアモルファス層や Fe 層の結果よりも低い保磁力を示した。特に、Fe の膜厚が 22 nm のときに最小の保磁力を得られた。この結果は、ナノ結晶材料におけるナノ結晶の粒径が 10-20 nm 程度において保磁力が最小化するという報告と類似する^[2]。これらの結果から、提案する積層型ナノコンポジット構造は低保磁力を有する軟磁性材料の実現に有効であるといえる。当日は実験結果と合わせて議論を行う。

本研究では、高飽和磁束密度および低保磁力を有する積層型ナノコンポジット軟磁性薄膜を提案し、磁気シミュレーションと実験から各層の膜厚と保磁力の関係を明らかにした。本成果は従来よりも低い鉄損特性を示す新しい軟磁性材料の設計指針構築への貢献が期待できる。

[1] G. Herzer, IEEE Trans. Magn., 25 (5), 3327, (1989)

[2] G. Herzer, J. Magn. Magn. Mater., 294 (2), 99-106, (2005)

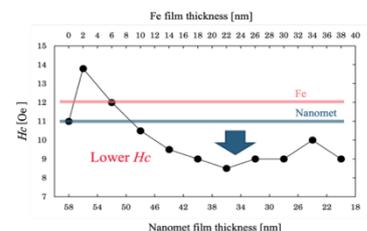


Fig.1 Film thickness dependence on coercivity