

## (FeCoNbB)-(SiO<sub>2</sub>) ナノコラムナー薄膜の高周波磁気特性

江口朋子、中川直之、米津麻紀、岡本佳子、末綱倫浩、末永誠一  
(東芝研究開発センター)

High-frequency magnetic properties of (FeCoNbB)-(SiO<sub>2</sub>) nanocolumnar films

T. Eguchi, N. Nakagawa, M. Yonetsu, K. Okamoto, T. Suetsuna, S. Suenaga  
(Corporate Research & Development Center, Toshiba Corporation)

### 【諸言】

携帯電話や無線 LAN などの通信機器の動作周波数は高周波化しており、通信アンテナに用いる高周波用軟磁性材料の重要性が高まっている。高周波用軟磁性材料には、使用する周波数帯域において高透磁率・低損失の特性が求められる。我々は、これらの特性を実現する材料として、ナノグラニューラー構造よりも磁性金属充填率を高めたナノコラムナー構造薄膜について報告している<sup>(1)</sup>。FeCo に Nb と B を添加したアモルファスナノコラムナー薄膜では、bcc-Fe 結晶の磁気異方性分散に起因する透磁率の損失 ( $\mu''$ ) が抑制される。本報告では (FeCoNbB)-(SiO<sub>2</sub>) 薄膜において、磁場中斜入射成膜により面内一軸異方性を付与し、強磁性共鳴周波数 ( $f_r$ ) の高周波化および透磁率損失係数 ( $\tan \delta = \mu' / \mu''$ ) の低減を試みた。本研究により得られた新たな薄膜ナノ構造と高周波磁気特性について検証した。

### 【実験方法】

マグネトロンスパッタ装置を用い、Ar 雰囲気、100Oe の磁場中で石英基板上に膜厚 168nm の (FeCoNbB)-(SiO<sub>2</sub>) 薄膜試料を作製した。基板とターゲット中心の成す角度は 25° とした。構造解析は X 線回折と TEM 観察にておこなった。試料の磁気特性は、試料振動型磁力計 (VSM) および高周波透磁率測定装置 (凌和電子: PMM-9G1) を用いて測定した。

### 【実験結果】

$((\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30})_{96}\text{Nb}_4)_{90}\text{B}_{10}(\text{SiO}_2)_7$  薄膜において、ナノサイズの FeCoNbB 扁平柱状体が SiO<sub>2</sub> 壁を介し傾斜して並んだ、新規ナノ構造を得た。図 1(a)(b) に表面 TEM 像、断面 TEM 像を示す。柱状体底面の短径は約 5nm、SiO<sub>2</sub> 壁の厚さは約 1nm であった。

図 2 に上記薄膜の高周波磁気特性を示す。柱状体が扁平かつ傾斜していることによる形状磁気異方性、磁場中成膜による誘導磁気異方性から、異方性磁界 3640e の大きな面内一軸異方性が発現した。その結果、 $f_r$  は 7GHz 以上に高周波化した。飽和磁化は 1.31T であった。FeCo のアモルファス化、および  $f_r$  の高周波化により、 $\tan \delta = 0.390\% @ 1\text{GHz}$  となり、GHz 帯で低損失の優れた特性を得た。

### 参考文献

- 1) T. Eguchi, N. Nakagawa, M. Yonetsu, K. Okamoto, T. Suetsuna, S. Suenaga: J. Appl. Phys. **115**, p17A311 (2014)

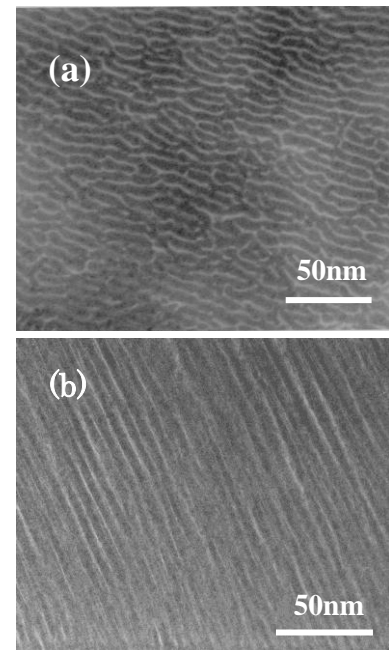


Fig. 1. TEM images of the (a) surface and (b) cross section of an (FeCoNbB)-(SiO<sub>2</sub>) film

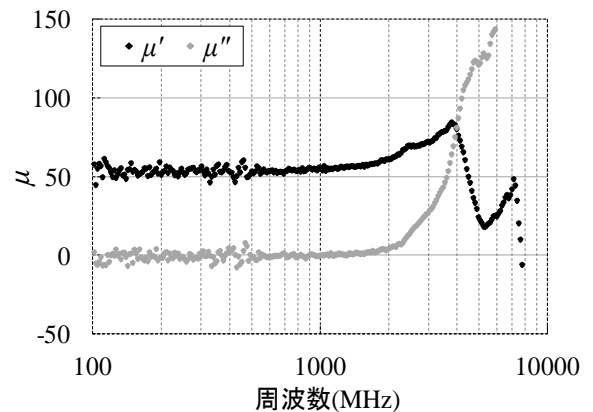


Fig. 2. Frequency dependence of permeability for the (FeCoNbB)-(SiO<sub>2</sub>) film