

CoPd-CaF₂ ナノグラニューラー軟磁性膜の高周波複素透磁率に及ぼす Co と Pd との組成比の影響

直江正幸、飯塚昭光、小林伸聖、岩佐忠義
(電磁研)

High-frequency complex permeability of CoPd-CaF₂ nanogranular soft magnetic films depending on CoPd nanogranule composition

M. Naoe, A. Iizuka, N. Kobayashi, T. Iwasa
(Research Institute for Electromagnetic Materials)

はじめに

一般的に、高い結晶磁気異方性を有する金属のスパッタ単相膜において、極めて薄くしない限り面内磁化膜を得ることは難しいが、磁性グラニューラーとしてナノグラニューラー構造へ導入することにより、結晶異方性の長距離浸透性が分断され、それを得ることができる¹⁾。これまでの研究で、CoPd合金が最も異方性磁界の大きな面内一軸異方性膜となり、Pd=15 at. %程度の合金組成で飽和磁化と異方性磁界とのバランスが最適化され、高い複素透磁率の強磁性共鳴周波数 f_r を示すことを明らかにしてきた²⁾。この前提の下、膜の成膜方法を静止対向スパッタからタンデムスパッタ法³⁾に変更すると、膜の異方性磁界は倍増し、 f_r の最高値は従来の4~5 GHzから7 GHz以上に向上した¹⁾。また、この成膜方法変更によりPdの最適量が変化することが分かった。今回、CoPdを磁性グラニューラー、CaF₂をマトリックスとしたCoPd-CaF₂ナノグラニューラー軟磁性膜において、CoPdグラニューラー組成が f_r に及ぼす影響を調べることで、さらなる高周波化を検討した。

実験方法

タンデムスパッタ法では、ナノグラニューラー膜のグラニューラーとマトリックス材料の各組成、および両者の比率を制御できる。今回は、CoPdとCaF₂との比率を一定とし、CoPd合金グラニューラーの組成比を、スパッタ源であるCoディスク上のPdチップ量で制御した。この時、(Co_{100-x}Pd_x)₈₀-(Ca_{0.33}F_{0.67})₂₀ (at. %)の化学式において、化学組成 x を5水準で変化させた。膜厚は1 μmに揃えた。なお、成膜時には、基板を水冷(298 K)とし、磁界印加を行っていない。残留応力除去のために、160 kA/mの直流磁界を試料の面内磁化容易方向に印加し、413 Kで5 min真空熱処理した。全て室温において、膜組成をWDS、静磁化特性をVSM、直流比抵抗を四探針法、および複素透磁率スペクトルを短絡マイクロストリップライン法で測定した。

実験結果

CoPdとCaF₂との比率は、CoPdが79.1から80.9%までばらついたが、この領域でこの程度のばらつきでは、膜特性に大きな影響を与えない。一方、化学組成 x は、Pdチップ量に依存して12.5, 15.7, 20.8, 23.2, および26.2%と変化した。今回の組成制御範囲で試料は全て面内一軸異方性膜となり、CoPdグラニューラーのPd含有量と f_r との関係には、Pdの増加に伴って f_r が高くなる傾向が見られた。Fig. 1は、(Co_{0.74}Pd_{0.26})₈₀-(Ca_{0.33}F_{0.67})₂₀膜の面内磁化困難方向について、高周波複素透磁率スペクトルを測定した結果である。本膜の飽和磁化は0.94 T、異方性磁界は110 kA/m、比抵抗は4 μΩ・mであった。LLG方程式に基づく計算で、 f_r は10.8 GHzと見積もられた。実測では11.3 GHzとなり、概ね一致した(▼)。しかし、CoディスクにPdチップを貼り付けるスパッタ源構成の転写性の影響と考えられる強度分散があるため単分散とならず¹⁾、計算で17.9 GHzと見積もられる、より寄与度の高い第二ピークが高周波側にあることがわかる(▽)。

参考文献

- 1) Naoe et al., *IEEE Magn. Lett.*, **5**, #3700404 (2014).
- 2) Ohnuma et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **310**, 2503 (2007).
- 3) Kobayashi et al., *J. Magn. Soc. Jpn.*, **23**, 76 (1999).

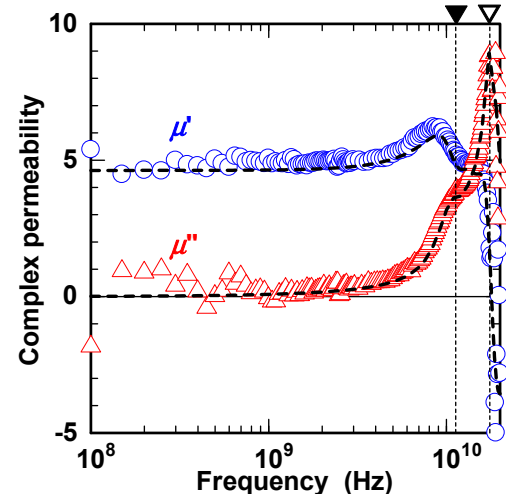


Fig. 1 Complex permeability spectra of the hard axis of (Co_{0.74}Pd_{0.26})₈₀-(Ca_{0.33}F_{0.67})₂₀ film.