

# FeCo 薄膜初期形成時における不連続応力変化

中込将成、林原久憲、高村陽太、中川茂樹  
(東京工業大学院理工学研究科電子物理工学専攻)

Investigation of abrupt change of internal stress at the initial stage of FeCo thin film growth

Masanari Nakagome, Hisanori Hayashibara, Yota Takamura, and Shigeki Nakagawa  
(Dept. of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology)

## はじめに

対向ターゲット式スパッタ(FTS)法では形成する薄膜内部に生じる異方的な残留応力に起因する機能を磁性薄膜に付与できる<sup>1,2)</sup>。これまで我々は FTS 装置に片持ち梁法を用いた応力の高感度 in-situ 測定システムを導入し、ガラス基板上に Ru や Ti 膜を堆積させた際の応力の初期形成過程を明らかにしてきた。一方で、FeCo 薄膜の場合は、初期形成過程の特定の膜厚(約 4nm)において、Ru や Ti では現れない不連続な応力の変化が起こることを確認してきたが、その原因は分かっていなかった<sup>3)</sup>。本研究では、応力測定に加え、電気抵抗率の in-situ 観測や X 線回折(XRD)測定を用いてこの不連続性の原因を明らかにすることを目的とした。

## 実験方法

FeCo 薄膜は、ガラス基板上に FTS 法を用いて Ar ガス圧 0.133 Pa で成膜した。応力は基板の一端を固定し膜の内部応力によるガラス基板のたわみ量をレーザー変位計により測定する片持ち梁法で in-situ 観測した。また、電気抵抗測定はガラス基板に Al 電極パターンを形成し、その電極間の抵抗を in-situ 観測した。さらに X 線回折(XRD)法を用いての FeCo 薄膜の結晶性の評価も行った。

## 実験結果

Fig. 1 の黒丸はガラス基板上に FeCo を直接堆積させたときの、FeCo 膜厚に対する応力と膜厚の積を表す。曲線の正負の傾きはそれぞれ引張応力、圧縮応力が優位に形成されていることを表す。0.5 nm までに観測される圧縮応力は、基板への粒子入射による基板のそりを反映している。1.0nm 以上での引張応力は島状成長による表面張力、2.5 nm 以上での圧縮応力は連続膜が形成されたことによる peening 効果の発現を表す。FeCo 膜厚が 4.0 nm までは応力は滑らかに変化するが、4.0 nm 程度で急激に引張応力が形成される。この不連続な応力の変化は成膜レートによらず常に 4.0 nm 程度の膜厚において現れる。

Fig. 1 の白丸は電気抵抗率と膜厚の積を表す。電気抵抗率は、島状成長の領域では大きな値となり、連続膜の領域ではほぼ一定となった。また、応力と同じ 4.0 nm で不連続に変化し、電気抵抗率は低下した。このような抵抗の減少は構造の相転移によって説明できる<sup>4)</sup>。

Fig. 2 に FeCo 薄膜の XRD パターンを示す。応力と電気抵抗率における不連続な変化が生じる前の試料(FeCo 膜厚 3.0nm)では回折ピークが検出されず、膜はアモルファスであると考えられる。一方で不連続な変化が起こった後の試料(FeCo 膜厚 5.0 nm)では FeCo(110)回折ピークが確認された。この結果は、不連続な変化の原因が結晶構造の変化であることを示唆している。

## 参考文献

- 1) 中川茂樹, 日本磁気学会「まぐね」 **8**, 107 (2013).
- 2) A. Hashimoto, K. Hirata, T. Matsuu, S. Saito, and S. Nakagawa, IEEE Trans. Magn. **44**, 3899 (2008).
- 3) 林原久憲, 中込将成, 高村陽太, 中川茂樹, 第 38 回 日本磁気学会学術講演会, 2pE-12, 2014
- 4) P. Duwez, R. H. Willens, and R. C. Crewdson, J. Appl. Phys. **36**, 2267 (1965).

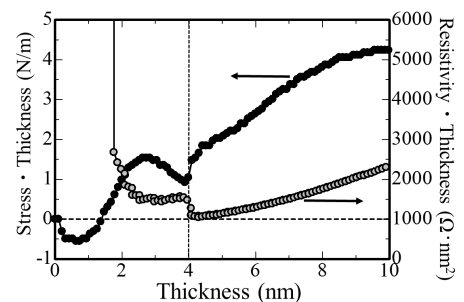


Fig. 1 Stress and resistivity as a function of nominal thickness of FeCo film

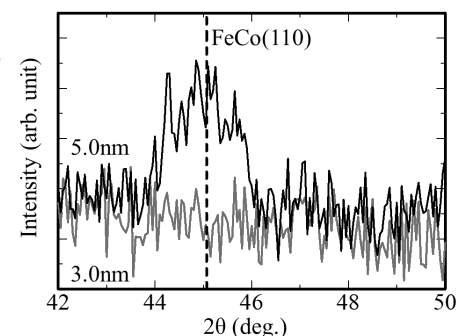


Fig. 2 XRD patterns of FeCo thin films