

マイケルソン光干渉法による磁歪測定装置の作製

佐藤睦規、吉田悠人、鈴木貴彦、高橋豊、小池邦博、稲葉信幸
(山形大学大学院理工学研究科)

Magnetostriction measurement system of magnetic thin films with Michelson interference

M.Sato, Y. Yoshida, T. Suzuki, Y. Takahashi, K. Koike, N. Inaba
(Yamagata Univ. Graduate School of Science and Engineering)

はじめに Ni-Fe系合金では、ダンピング定数 α と磁歪との間に相関があることが報告¹⁾されており、薄膜での磁歪を知ることは HDD や MRAM 応用の観点から重要である。また、磁歪により磁気異方性が誘起されることから、ナノコンポジット磁性材料の特性向上においても薄膜での磁歪を知ることは有用である。MgO 単結晶基板上に成長させた磁性単結晶薄膜の磁歪を測定しようとする、MgO 基板のヤング率がガラス基板に比べ3倍以上大きく、磁歪による試料のたわみ量が 100 nm 程度で、従来の光てこ法では測定が困難である。このため、本研究では光学系を用いた高分解能な変位測定法として知られているマイケルソン干渉計を応用した磁歪測定装置を製作したので報告する。

装置構成 装置の概略図を Fig.1 に、作製した装置の写真を Fig.2 に示す。光源から出た光は、ハーフミラーにより固定ミラー側と可動ミラーの2光路に分けられ、両者からの反射光を再度合成することで検出器に干渉縞が結像される。図のように片持ち固定した短冊状の試料に磁界を印加すると、磁歪により試料がたわみ、反射光の光路長が変化する。このとき、反射光の位相が変化し、干渉縞が移動する。例えば、たわみ量が光源の光の波長/2 に相当する場合は干渉縞の位相が1周期変化することとなる。本測定装置では、光源に He-Ne レーザー(波長 $\lambda = 633$ nm)を用いた。また、デジタルカメラの撮像素子(CCD)上に直接結像し、干渉縞を検出している。得られた干渉縞画像は画像解析ソフト ImageJ²⁾で解析を行い、干渉縞の移動量からたわみ量を算出した。

実験結果 0.2 mm 厚の MgO(100)単結晶基板上にスパッタリング法を用いてエピタキシャル成長させた膜厚 300 nm の Fe(001)単結晶薄膜試料を準備した。短冊状試料の長辺方向が Fe[110]であり、この方向に磁界を印加して試料のたわみ量の磁界依存性の測定を行った。Fig.3 にたわみ量の磁界依存性を示す。 $H = \pm 2$ kOe 以上で一定(平均値 $d = 54$ nm)となり、式(1)を用いて Fe[110]方向の磁歪定数を算出³⁾すると、 $\lambda = -21 \times 10^{-6}$ となった。これは bulk の磁歪定数と比べ、2 倍ほど大きい値である。

$$\lambda = \frac{t_s^2 E_s (1 + \nu_f)}{3t_f l^2 E_f (1 - \nu_s)} d \quad (1)$$

ここで、 t_s は基板厚、 E_s は基板のヤング率、 ν_s は基板のポアソン比、 t_f は膜厚、 E_f は薄膜のヤング率、 ν_f は薄膜のポアソン比、 l はレーザースポット位置、 d はたわみ量である。

1) Y.Endo et al. *J. Appl. Phys.*, **109**, pp.07D336 (2011).

2) W.S.Rasband, ImageJ, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>, 1997 -2012.

3) A.C.Tam et al. *IEEE Trans. Magn.*, **25** NO.3 (1989).

謝辞 本研究の一部は科研費 B(No.16H0448)の補助を受けています。

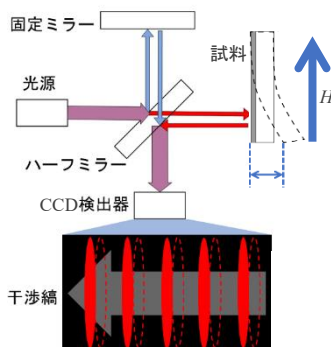


Fig.1 Schematic picture of measurement system with Michelson interferometer

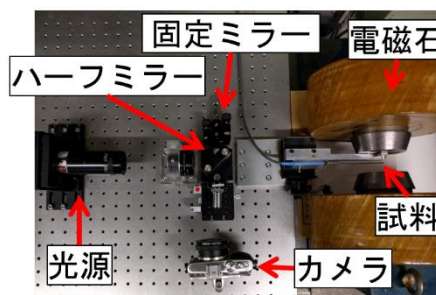


Fig.2 Picture of the magnetostriction measurement system

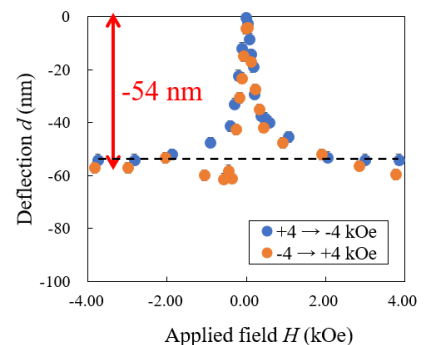


Fig.3 Variation of deflection for the Fe single crystal in magnetic field