

フィゾー光干渉法による磁歪測定装置の作製

梅津勝平, 高橋豊, 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 Fizeau Interferometer

S.Umetsu, Y.Takahashi, and N.Inaba

(Yamagata Univ., Graduate School of Science and Engineering)

はじめに

Fe-Ni 系多結晶合金においてダンピング定数と磁歪 λ の値に相関があることが報告¹⁾されたり、振動発電デバイスやセンサー応用として Fe-Ga 薄膜などの磁歪材料が注目されている。磁歪の結晶方位依存性を測定するためには単結晶薄膜試料を用いて測定を行う必要があるが、ヤング率の大きい MgO、GaAs 基板上に作成した単結晶薄膜試料では磁歪による変位量が小さく従来の装置では測定が困難であった。このため、Fig.1 に示すようなマイケルソン干渉計を用いた磁歪測定装置を製作し、数 10 nm の変位が測定可能であることを報告²⁾してきた。この装置では試料のたわみ量を参照光と測定光の位相差により生じる干渉縞の変位として観測する。本方式では、参照光と測定光の2つの光路が別であるため、どちらかに外乱が混入するだけで干渉縞が変化することとなり、これ以上の分解能の向上が困難であった。そこで、本研究では同軸型干渉計(フィゾー干渉計)に着目した高分解能の磁歪測定装置を製作したので報告する。

装置構成

Fig.2 に示すように、フィゾー干渉計では検出器と試料を結ぶ光路にハーフミラーを置くことで参照光が測定光と同軸上を通過する。このため、外乱が位相に影響を与える光路がハーフミラー B と試料の間のみとなり、また、その光路長を 90 cm から 30 cm に短縮できた。磁歪の測定は、片持梁となるように固定した短冊状の試料が磁歪によりたわみ、ハーフミラー B と試料の距離が変化することで干渉縞の移動が生じることを用いている。干渉縞の検出は、デジタルカメラの撮像素子 (CCD) 上に直接結像する方法を用いた。本測定装置では、光源に He-Ne レーザー (波長 $\lambda = 633 \text{ nm}$) を使用した。得られた干渉縞画像から、干渉縞の周波数より高い周波数成分をフーリエ変換によるローパスフィルタを通過させることで除去した後、干渉縞の移動量からたわみ量を算出した。

実験結果

0.3 mm 厚で短冊形状の GaAs(001) 単結晶基板上に RF マグネトロン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 70 nm の Fe(001) 単結晶薄膜試料を準備した。試料の長辺方向を $\text{Fe}[1\bar{1}0]$ とし、膜面内で $[1\bar{1}0]$ 軸に対し平行方向 ($[1\bar{1}0] \parallel$)、および、垂直方向 ($[1\bar{1}0] \perp$) に磁界を印加し、たわみ量の磁界依存性を測定した。Fig.3 に $[1\bar{1}0] \perp$ 方向で測定したたわみ量の磁界依存性を示す。平均のたわみ量は 3.9 nm であり、そのたわみ量から文献 3 の換算式を用いて磁歪定数を算出すると、 $\lambda_{1\bar{1}0\perp} = 22 \times 10^{-6}$ であった。垂直、平行方向のたわみ量と算出した λ の値をまとめると Table.1 となる。Fe 単結晶試料の λ_{100} と λ_{111} を $\lambda_{100} = 2(\lambda_{1\bar{1}0\parallel} + \lambda_{1\bar{1}0\perp})$ と $\lambda_{111} = \frac{2}{3}(\lambda_{1\bar{1}0\parallel} - \lambda_{1\bar{1}0\perp})$ の式を用いて算出すると、 $\lambda_{100} = 20 \times 10^{-6}$ 、 $\lambda_{111} = -23 \times 10^{-6}$ となり、bulk の磁歪定数に近い値が得られた。これにより nm オーダーのたわみ量を持つ試料の磁歪定数の測定が可能となった。

謝辞

装置作製に協力いただいた、本学鈴木貴彦技術職員に感謝する。

References

- 1) Y.Endo et al. *J.Appl. Phys.*, **109**, pp.07D336 (2011).
- 2) M.Sato et al. *T. Magn. Soc. Jpn.* (Special Issues), **3**, 39-42 (2019).
- 3) A.C.Tam et al. *IEEE Trans. Magn.*, **25**, NO.3 (1989).

Table 1 Deflection and Magnetostriction of Fe sample

Direction	Deflection d [nm]	Magnetostriction λ
$[1\bar{1}0] \perp$	3.9	22×10^{-6}
$[1\bar{1}0] \parallel$	-4.5	-12×10^{-6}

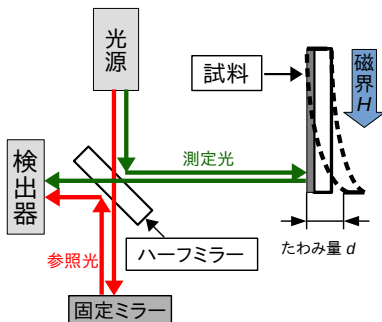


Fig. 1 Schematic picture of measurement system with Michelson interferometer

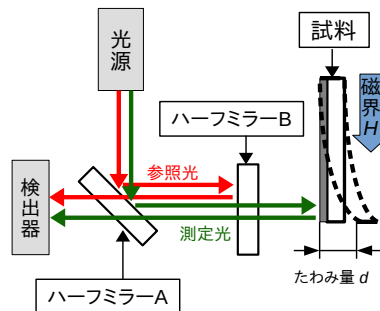


Fig. 2 Schematic picture of measurement system with Fizeau interferometer

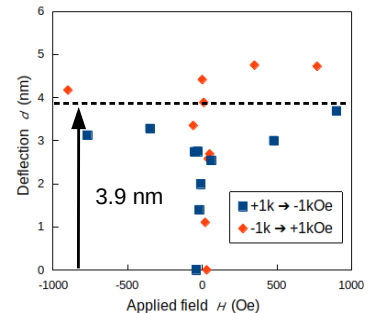


Fig. 3 Variation of deflection for the Fe sample in magnetic field applied parallel to $\text{Fe}[1\bar{1}0]_{\perp}$ direction