

第三元素を添加した Fe/Ni 薄膜の規則化現象

田代 敬之¹、水口 将輝¹、小金澤 智之²、鈴木 英伸¹、三浦 良雄³、辻川 雅人¹、
白井 正文¹、高梨 弘毅¹

(¹東北大、²高輝度光科学研究セ、³京都工芸繊維大)

Chemical ordering of Fe/Ni films with third-elements

T. Y. Tashiro, M. Mizuguchi, T. Koganezawa, H. Suzuki, Y. Miura, M. Tsujikawa,
M. Shirai, and K. Takanashi

(¹Tohoku Univ., ²JASRI/SPring-8, ³Kyoto Inst. of Tech.)

はじめに

高い磁気異方性(K_u)を有する材料は、永久磁石や記録媒体などへの応用が期待されるため、以前から盛んに研究されている。しかしながら、資源に乏しい我が国の現状を鑑みると安価かつ豊富な元素によって構成される材料であることが望ましく、元素戦略的な取り組みが行われている。我々は、安価な Fe と Ni により構成される $L1_0$ -FeNi 規則合金に着目している。この材料は、バルクで比較的高い K_u ($\sim 1.3 \times 10^7$ erg/cc) を発現することが知られている [1]。しかしながら、規則-不規則変態温度が 320°C と非常に低いため [2]、通常の熱処理による作製は困難であり、中性子照射や MBE 法などの限られた方法でのみ作製されている [3]。この低い規則-不規則変態温度は、 $L1_0$ -A1 相間の形成エネルギーの差が小さいことに起因していると考えられる。我々は第三元素の添加により形成エネルギーを変調させる手法に着目した。遷移金属元素の添加について第一原理計算を行なったところ、Ti, V, Al によって Fe を置換することにより形成エネルギーの差が増大することが分かった。そこで、本研究では Fe と Ni を交互に積層させる際に Fe と同時に添加元素 Ti あるいは V を添加し、その際の規則-不規則変態温度の変化と磁気特性について調査した。

実験方法

試料は、超高真空マグネトロンスパッタリング装置を用いて Fe-Ti(V) と Ni を MgO(001) 基板上に交互にスパッタし、真空中で熱処理を行った。Ti(V) の添加量を 0, 1.5, 3, 5 at% とし、熱処理温度および時間を $200\text{-}500^\circ\text{C}$ 、1-20 時間に変化させた。作製した Fe-Ti(V)/Ni 多層膜について、電子線マイクロアナライザー (EPMA)、振動試料型磁力計 (VSM)、X 線回折 (XRD)、原子間力顕微鏡 (AFM) により組成、磁気特性、結晶構造、表面形態をそれぞれ評価した。通常の XRD では、 $L1_0$ 相に由来して現れる微弱な超格子ピークを観測することが困難なため、SPring-8 の高輝度放射光を利用し、入射エネルギーを Fe-K 吸収端に合わせて異常分散効果を利用した XRD 測定を行った。

実験結果

MgO(001) 単結晶基板上に $\text{Fe}_{50-x}\text{Ti}_x$ ($x=0, 3, 5$ at%) と Ni を約 0.3 nm ずつ交互に積層した膜厚 15 nm の試料について熱処理 ($200\text{-}500^\circ\text{C}$) を行った。In-plane XRD 測定を行ったところ、 450°C で熱処理された $[\text{Fe}_{47}\text{Ti}_3/\text{Ni}_{50}]$ 試料においても、 $L1_0$ 規則相に基づく超格子回折線が観測された。この時の規則度 S を算出したところ 0.1 程度得られていることが分かった。これは、Ti の添加によって規則-不規則変態温度が上昇したことを示唆する結果である。一方、V を添加した試料においては、超格子ピークが観測されず、規則-不規則変態温度の上昇は確認されなかった。

本研究の一部は、文部科学省推進プロジェクト元素戦略磁性材料研究拠点の支援により行われた。

参考文献

- [1] J. Pauleve *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **39** (1968) 989.
[2] K. B. Reuter *et al.*, *Metall. Trans. A*, **20A** (1989) 719.
[3] T. Kojima *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **52** (2012) 010204.