課題番号　:2018A-E26

利用課題名（日本語）　:新奇垂直磁化規則合金強磁性体薄膜の磁気構造の解明

Program Title (English)　:Elucidation of magnetic structure of novel perpendicularly magnetized ordered-alloy films

利用者名（日本語）　:孫銘嶺[1)], 伊藤啓太[1)], 窪田崇秀[1)], 竹田幸治[2)], 斎藤祐児[2)], 木村昭夫[3)], 高梨弘毅[1)]

Username (English)　:M. Sun[1)], K. Ito[1)], T. Kubota[1)], Y. Takeda[2)], Y. Saitoh[2)], A. Kimura[3)], K. Takanashi[1)]

所属名（日本語）　:1) 東北大学金属材料研究所, 2) 日本原子力研究開発機構, 3) 広島大学理学研究科

Affiliation (English)　:1) IMR, Tohoku Univ., 2) JAEA, 3) Grad. Sch. Sci., Hirosima Univ.

キーワード：ホイスラー合金、交換バイアス、XMCD、界面磁気モーメント

1. 概要（Summary）

ホイスラー合金は、X_2YZ の化学式であらわされる材料で、3 種の元素の組み合わせに応じて多様な物性（各種磁性、垂直磁化、熱電など）を示すことが知られている[FIG. 1]。我々のグループはこれまでに、ホイスラー合金 Mn_2VAl 薄膜が不規則した A2 相となる際に反強磁性を示すこと、また、Fe との積層膜において交換バイアス効果を発現することを実験的に示してきた[1)]。Mn_2VAl は、規則相である $L2_1$ 相においてはフェリ磁性を示すことが明らかにされているが[2)]、不規則化に伴う反強磁性発現に関する知見は皆無である。軟 X 線内殻吸収磁気円二色性（XMCD）分光測定は表面・界面敏感な測定手法であるとともに、元素選択的な磁気的性質の評価が可能である。XMCD 分光法によって、Mn_2VAl/Fe 積層膜の界面近傍のスピンモーメントを検出するとともに、内殻電子状態を考察することで、反強磁性及び交換バイアスの発現機構の議論の深化が期待されている。

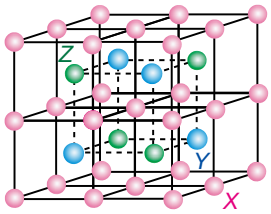

FIG. 1: Crystal structure of a full-Heusler alloy.

2. 実験（目的,方法）（Experimental）

本研究では、Mn_2VAl/Fe 積層膜について、XMCD 分光測定を行うことで反強磁性並びに交換バイアス効果発現機構を微視的に考察することを目的とした。試料は超高真空マグネトロンスパッタ装置を用い、MgO(100) 単結晶基板/Mn_2VAl (100 nm)/Fe (3 nm)/Ta (2 nm)の積層膜を作製した。Mn_2VAl 層製膜時の基板温度は、室温（Sample A、常磁性）又は 400°C（Sample B、反強磁性）とし、磁気特性を制御した。XMCD 測定は SPring-8 の日本原子力研究開発機構ビームライン BL23SU において、全電子収量法により行い、外部磁場最大 ± 8 T を面直方向から 54.7° の方向に印加して行った。測定温度は 100 K とした。

3. 結果と考察（Results and Discussion）

測定の結果、Sample A, Sample B ともに Mn の XMCD シグナルが得られた。また、各々のスペクトル形状に差異があることを確認した。Mn $L_{2,3}$ 吸収端近傍における Sample B の XMCD スペクトルの印加磁場依存性を FIG. 2 に示す。L_3 吸収端の主ピーク（640 eV）の低エネルギー側に符号の異なるサブピークが確認できる（639 eV 付近。図中矢印部分）。また、サブピークは比較的低磁場で明瞭に現れ、外部磁場 8 T を印加すると極めて小さくなることがわかる。このようなサブピークは、Sample A においては観測されていない。L_3 吸収端における Fe（~ 708 eV）及び Mn（~ 640 eV）の元素選択的ヒステリシス曲線の測定の結果、両者は同符号のヒステリシスを示した一方、サブピークに関しては符号が反転したヒステリシスが得られた。従って、Mn L_3 吸収端近傍のサブピークが Fe との界面を形成する Mn サイトに起因すると仮定すると、比較的バルク領域に近い Mn モーメント並びに Fe のモーメントと反強磁性的に結合した界面の Mn モーメントが交換バイアスの発現に大きく寄与していると考えられる。今後、電子論的考察を進めていく計画である。

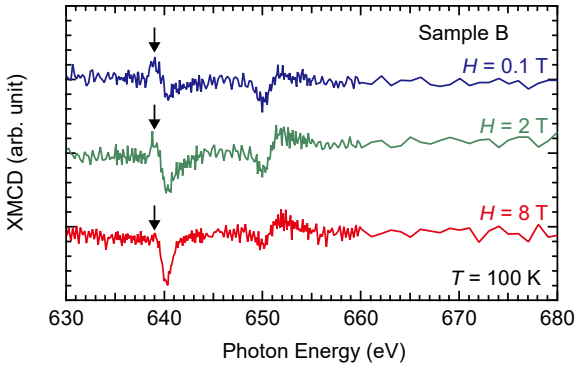

FIG. 2: XMCD spectra for Mn $L_{2,3}$ edges of Sample B.

4. その他・特記事項（Others）

参考文献

1) T. Tsuchiya *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **51**, 065001 (2018).
2) T. Kubota *et al.*, Appl. Phys. Lett. **95**, 222503 (2009).