

[H27-04]

高エネルギーC60 イオンを利用した無機材料表面機能改質

Modification of Magnetic Properties of Inorganic Materials

by Using Cluster Ion Bombardment

岩瀬彰宏[#]、松井利之

Akihiro Iwase[#], Toshiyuki Matsui

Osaka Prefecture University

Abstract

FeRh thin films were irradiated with energetic Au₃ cluster ions and the magnetic property was estimated by using SQUID magnetometer and XMCD methods. Au₁ single ion irradiation was also performed for comparison. The experimental result shows that even for the same Au fluence and the same velocity, the effect of Au₃ cluster ion irradiation on the magnetic property of FeRh is larger than that of Au₁ single ion irradiation.

Keyword: cluster ion, FeRh, magnetic properties

1. はじめに

我々は、FeRh 合金にイオン照射を行うことによって、反強磁性状態が強磁性に変態することを見出した。この磁性変態がクラスターイオン照射の場合と単原子照射の場合でどう異なるかを調べる実験を行った。

2. 実験方法

原子力機構（現・量子機構）の TIARA タンデム加速器を用いて、FeRh 薄膜に 5 MeV の Au₃ クラスターイオンを照射した。比較のために Au₁ 単原子イオンも照射した。両者の照射において、照射された Au 原子個数、単位時間あたりに照射される Au 原子の個数、そして、Au 原子 1 個当たりの速度といった照射パラメータはすべて同一条件で照射を行った。照射量は $3 \times 10^{12} / \text{Au} \cdot \text{cm}^2$ 、Au₁ 個当たりのエネルギーは 1.67 MeV であった。また、Au クラスターイオン照射における照射量依存性を見るために、Au₃ において $1.5 \times 10^{12} / \text{Au} \cdot \text{cm}^2$ の照射量における照射実験も行った。照射後の試料は、高エネルギー加速器研究機構(KEK)の 16A ビームラインにおいて XMCD 測定による表面磁性測定を行った。XMCD 測定は、特性の元素による磁性を選択的

に抽出し、データを解析することによって、軌道由来の磁性とスピン由来の磁性を分離できることができる手法である。ただし、用いる X 線のエネルギーが鉄の L 吸収端であるため、評価する磁性は極表面のものに限られる。XMCD の結果と比較するために、試料全体の磁性を評価できる SQUID 磁束計による測定も併せて行った。さらに、照射による結晶構造の変化を見るために、X 線回折 (XRD) 測定も行った。

3. 実験結果と考察

Fig.1 に XRD スペクトルから計算した相対的規則度を Au₃ クラスターイオン照射、Au₁ 単原子イオン照射の場合において示す。照射前に比べて、規則度は照射によって低下しているが、ここで注目すべきは、同一の照射量 ($3 \times 10^{12} \text{Au} / \text{cm}^2$) でも、Au₃ クラスタービームを照射した場合のほうが規則度の低下は大きいことである。さらに、Au₃ クラスターを $1.5 \times 10^{12} \text{Au} / \text{cm}^2$ 照射したときでも、Au₁ イオンをその 2 倍の $3 \times 10^{12} \text{Au} / \text{cm}^2$ 照射した場合より規則度は小さい。つまり、クラスターイオンのほうが、同じ照射量でも結晶格子に与える影響は大きいということがわかる。

[#]iwase@mtr.osakafu-u.ac.jp

[H27-04]

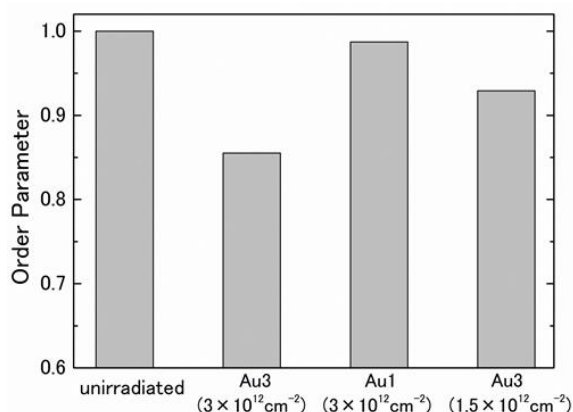


Fig. 1 Order parameter of lattice for unirradiated, Au₁ irradiated and Au₃ irradiated FeRh films

次にクラスターイオンによる強磁性発現について述べる。Fig.2 は、同じ照射量の Au₃ クラスターイオン、Au₁ 単原子イオンを照射した FeRh 薄膜の M-H カーブである。規則度の時と同様、飽和磁化は、クラスターイオン照射のほうが大きく観測される。なお、本来は、室温では、FeRh は反強磁性であるため、マクロな磁化を測定する M-H カーブでは、磁化は 0 のはずである。しかし、Fig.2 によると、少し強磁性成分が観測される。これは、薄膜特有の、基板との整合性を保つための格子ひずみのためであると思われる。次に、同じ試料に対して、Fe 原子の L_{2,3} 吸収端において測定した XMCD スペクトルを Fig.3 に示す。同じ照射量に対する XMCD スペクトルにおいても、Au₃ クラスターイオン照射のほうが、発現する磁化は大きいことが確認された。

4. まとめ

FeRh 金属間化合物薄膜に Au₃ クラスターイオンと Au₁ 単原子イオンを同じ照射量照射して、結晶格子の規則度と磁性に及ぼすクラスターイオン照射効果を調べた。その結果、クラスターイオンのほうが、結晶格子や磁性に対して

大きな影響を及ぼすことがわかった。単原子イオン照射だけを用いた実験では、照射による磁性変化は、ほぼイオンビームによって FeRh に弾性的相互作用によって付与されるエネルギーによって決定されるという結論であったが、本実験結果は、同じ付与エネルギーでも、異なる磁性変化、結晶構造変化を FeRh に与えることを示したものであり、重要な結果である。今後、クラスターサイズを大きく変化させることのできる C_n クラスター ($1 < n < 60$) を用いて、より詳細な実験を行う予定である。

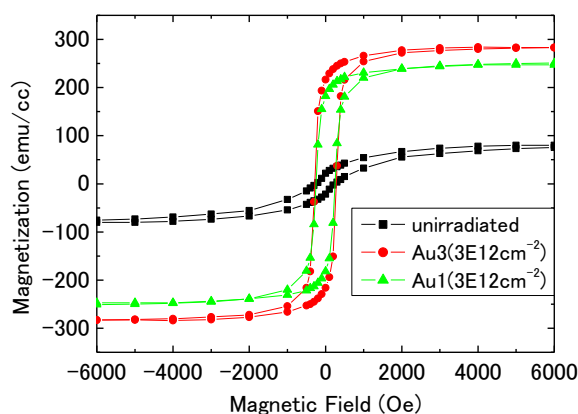


Fig.2 M-H curves for Au₁ irradiated FeRh and Au₃ irradiated FeRh. Ion fluence is $3 \times 10^{12} / \text{cm}^2$.

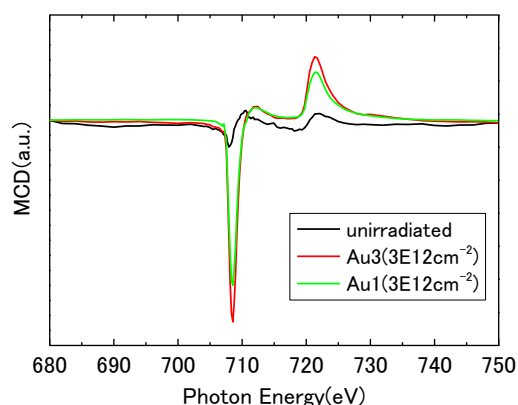


Fig.3 XMCD spectra for Au₁ irradiated FeRh and Au₃ irradiated FeRh. Ion fluence is $3 \times 10^{12} \text{ Au} / \text{cm}^2$. Data for unirradiated specimen is also shown for comparison.