

Auger 電子回折・X 線吸収分光による Gd 極薄膜の磁性研究 Magnetism of Gd ultrathin film on Fe (111) studied by Auger electron diffraction and X-ray magnetic circular dichroism

後藤 謙太郎^a、松井 文彦^a、松下 智裕^b、松本 拓^a、大門 寛^a

Kentaro Goto^a, Fumihiko Matsui^a, Tomohiro Matsusita^b, Taku Matsumoto^a, Hiroshi Daimon^a

^a奈良先端科学技術大学院大学、^bJASRI

^aNara Institute of Science and Technology, ^bJASRI

Gd は室温付近に Curie 点を持つが、磁気相転移温度は膜厚が小さくなるにつれ低下する。他方、強磁性体基板の上に Gd 薄膜を成長させると磁性が誘起される。Fe(111)表面に蒸着した場合、室温付近でも数原子層の Gd 薄膜に磁性が誘起されることを見出した。取り込み立体角の大きな二次元表示型電子分析器を用いることで感度よく X 線吸収及び磁気円二色性スペクトルを得ることができた。

As the thickness of film decreases down to atomic scale, the Curie temperature of Gd drops dramatically. On the other hand, magnetism is induced when Gd film is deposited on a ferromagnetic substrate. We have detected such magnetism in the several atomic layer Gd film grown on the Fe(111) surface even at the room temperature. Display-type analyzer with wide acceptance angle enabled measurement of X-ray absorption and magnetic circular dichroism spectra at fairly good sensitivity.

キーワード：二次元光電子分光、X 線磁気円二色性、Auger 電子回折

背景：ナノ磁性構造体の制御は次世代の記憶・記録素子開発の基礎となる。Gd は室温 (292.5 K) に Curie 点を持つ強磁性体であるが、薄膜化した場合、膜厚や基板の違いによりその値が変化する⁽¹⁾。強磁性体の上に成長させた Gd ナノドットの相転移付近で基板に誘起された磁性が全体の磁性に与える影響を明らかにするのは基礎科学の面からも興味のある研究となっている。

我々はこれまで二次元表示型電子分析器⁽²⁾を用い、薄膜表面から放出される Auger 電子を元素選択的なプローブとして原子レベルでの磁気構造の解析手法の開発を進めてきた⁽³⁾。Ni 極薄膜に現れるスピン再配列転移の起源について原子層ごとの電子・磁気構造を調べることで新しい知見を得ることができた。本

研究では、同手法を Gd の極薄膜の系に適応し、薄膜内部の磁気構造を明らかにすることを目的としている。

実験：実験は SPring-8 の BL25SU に設置してある二次元表示型球面鏡分析器 (DIANA; Display-type spherical mirror analyzer) を使用した⁽²⁾。DIANA は、ある運動エネルギーを持つ放出電子の角度分布を歪みなく一度に測定することができるユニークな装置である。角度分布中に現れる前方散乱ピークや菊池図形から容易に結晶の方位や薄膜の構造を決定することができる。

基板に Fe(111)単結晶表面を用いた。表面のマルテンサイト変態の転移点よりも低い 600°C 以下の温度での加熱とイオンスパッタのサイクルにより清浄化した。Gd の蒸着には

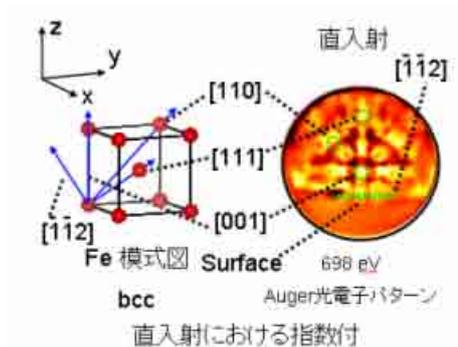


Fig.1 Fe LMM Auger angular distribution and x-ray absorption spectra at Fe L edge.

EFM(evaporator with flux monitor)を用いた。蒸着の際の真空度は 4×10^{-8} Pa 程度であった。用意磁化軸 {001} は表面法線から極角 54.6° の方向にある。試料を面内回転(120°)することで直交する容易磁化軸に沿って円偏光を入射することができるため、Fe の磁化方位と Gd の誘起磁化の方位との関係を調べるのに都合がよい。Fig.1 に Fe(111) の LMM Auger 電子放出角度分布と Auger 収量法による X 線吸収スペクトルを示した。BL25SU の円偏光ヘリシティ反転 (kicker) システムを用い、1 Hz ないし 0.1 Hz のモードで同時に磁気円二色性スペクトルを得た。

結果と考察： DIANA には、冷凍機が取り付けられており室温から 130 K 程度まで資料を冷却することができる。Fe 基板上に 2 ML 程度蒸着させた Gd 薄膜の X 線吸収スペクトルの温度依存性の測定結果を Fig. 2 に示す。それぞれ ID1+ID2 の左右円偏光を足し合わせたものである。室温で発現している磁気円二色性が基板温度の低下とともに徐々に大きくなる様子を追うことができた。

各測定点で Auger 電子角度分布を測定し、その積分値を Fig.2 に示したが、角度分布の解析から薄膜内部の磁気構造の知見を得ることができる[3]。現在、検出した磁性が薄膜の

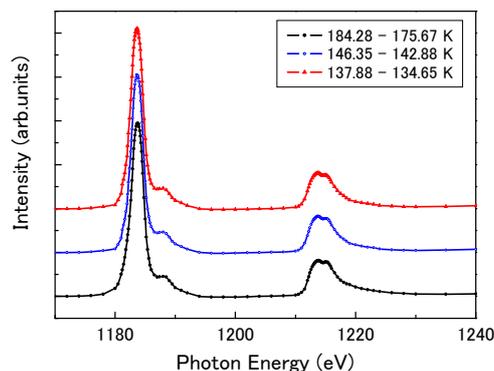
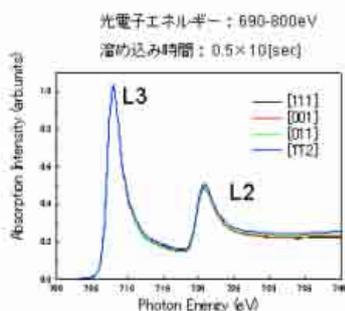


Fig.2 Gd M edge X-ray absorption spectra with various substrate temperature.

どの部分で発現したものなのか、出射角の差による脱出深度依存性から解析を進めている。**今後の課題：**引き続き Fe 基板上の Gd 薄膜の温度変化による XMCD の放出角度依存性について解析を行う。蒸着し、試料を冷却後、着磁のために試料搬送すると残留ガスによる酸素吸着で試料が汚染されることが判明した。原子レベルでの定量的な磁気相転移の評価のために試料準備槽の整備を進めている。

参考文献

- (1) M. Farle, et al. *Phy. Rev. B* **47** (1993) 11571.
- (2) H. Daimon, *Phys. Rev. Lett.* **86** (2001) 2034.
- (3) F. Matsui et al. *Phys. Rev. Lett.* **100** (2008) 2027201.