

令和 6 年 5 月 8 日現在

機関番号：82502

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14539

研究課題名（和文）共鳴X線磁気反射率測定による磁性体多層膜の内部構造の解明

研究課題名（英文）XMCD reflectivity measurement to elucidate magnetic structure in multilayer thin films

研究代表者

山本 航平（Yamamoto, Kohei）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光量子科学研究所 放射光科学研究センター・併任

研究者番号：30844823

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：深さ方向に複雑に構成された磁性体薄膜/多層膜は層間の相互作用に起因して多彩な磁性現象を示す。薄膜中における磁気構造の発現機構を解明するため、軟X線領域におけるXMCDを利用した反射率XMCD法による測定装置を設置し、テスト試料に対して実験を行った。測定セットアップは2軸の反射率計となっており、それと独立して動く永久磁石による磁場印可機構が備わっており、試料に対して面内、面直方向の磁場をかけることができる。Co L吸収端にわたって同様の測定を行っており、XAS/XMCDスペクトル情報と反射率による構造情報が同時に得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

磁性体の応用先として重要な記録媒体などにおいても多層膜構造を利用して有用な特性が実現されている。このような磁性体多層膜の磁性分布の深さ方向の直接観測による、薄膜中における磁気構造の発現機構を解明することに寄与できる。

研究成果の概要（英文）：Magnetic thin films/multilayer films with a complex structure in the depth direction exhibit a variety of magnetic phenomena due to interactions between layers. In order to elucidate the mechanism of the development of magnetic structures in thin films, we installed a measurement device using the reflectance XMCD method using XMCD in the soft X-ray region, and conducted experiments on test samples. The measurement setup is a two-axis reflectometer, equipped with a magnetic field application mechanism using a permanent magnet that moves independently, and can apply a magnetic field in the plane and perpendicular to the sample. Similar measurements were performed across the Co L absorption edge, and XAS/XMCD spectral information and structural information based on reflectance were obtained simultaneously.

研究分野：磁性

キーワード：放射光X線 磁性体薄膜

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

X線反射法は主に硬X線領域において構造情報にもっぱら着目しておこなわれており、非常に重要な一般的な方法になっている。この手法に、軟X線の豊富なスペクトル情報を同時に得られると期待される、軟X線共鳴磁気反射法も開発されてきた。しかしながら、軟X線反射は硬X線反射に比べて、実験的な困難・研究者が少数であることなどから研究例自体が希少であり、元素選択的な情報が漸く得られ始めた段階といえる。共鳴軟X線磁気反射の研究例はすくないものの、磁気円二色性が最大となるX線エネルギーで深さ分解磁気構造解析を行った研究例が数例報告されているにとどまる。いずれも深さ分解磁気構造解析を目的とした研究例であるが、磁性に関する電子状態の詳細解析を想定したXMCDスペクトル計測には至っていなかった。

2. 研究の目的

軟X線共鳴磁気反射測定による深さ分解XMCD・XMLD測定は、測定したいX線エネルギー範囲でX線エネルギー毎に反射率の入射角依存性を計測し、各X線エネルギーでの反射率から磁気円二色性吸収スペクトルを解析的に導出することを目的として行った。

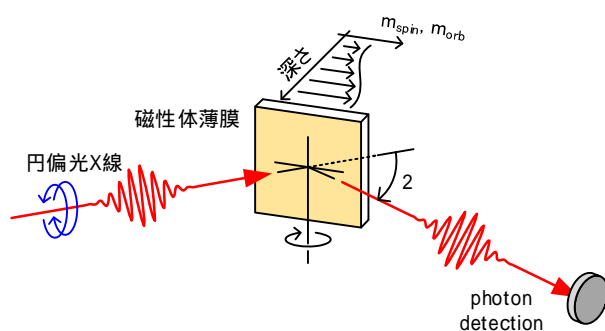


Fig.2 Experimental setup.

3. 研究の方法

X線源としては、高輝度シンクロトロン放射光の可変円偏光・直線偏光が必要であるため、実施期間の所属機関に設置された放射光施設に持ち込み装置として導入して実験を行った。検出器にX線エネルギー分解能をもつシリコンドリフトディテクターを導入し検出器ごと回転させることで反射率を計測した。外部磁場は、本研究では、試料背部に永久磁石(薄膜垂直磁場)を設置して実験を行った。

4. 研究成果

深さ方向に複雑に構成された磁性体薄膜/多層膜は層間の相互作用に起因して多彩な磁性現象を示す。さらに磁性体の応用先として重要な記録媒体などにおいても多層膜構造を利用して有用な特性が実現されている。このような磁性体多層膜の磁性分布の深さ方向の直接観測による、薄膜中における磁気構造の発現機構を解明するため、軟X線領域におけるXMCDを利用した反射率XMCD法による測定装置をUVSOR BL4Bに設置し、テスト試料に対して実験を行った。

測定セットアップは2軸の反射率計となっており、それと独立して動く永久磁石による磁場印可機構が備わっており、試料に対して面内、面直方向の磁場をかけることができる。X線の検出はシリコンドリフトディテクタによる。磁場は0.5T程度であり、測定は室温で行った。測定結果をFig. 2に示す。試料の磁性層はCoFeBであり、キャップ層、下地層などによる振動構造がみられる。Fig. 2右はXMCDに対応する差分であり、シミュレーションによる結果との一致が見られる。Co L吸収端にわたって同様の測定を行っており、XAS/XMCDスペクトル情報と反射率による構造情報との複合的な解析を行っている。

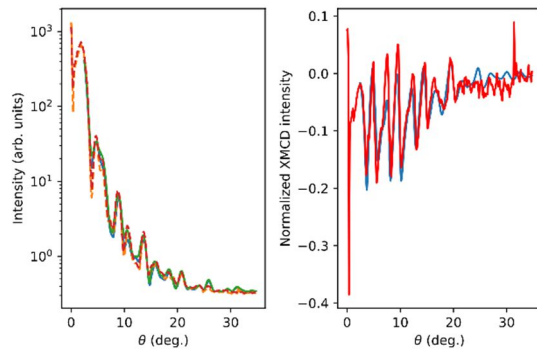


Fig.2 (left) Reflectivity. Dashed lines indicate simulation. (right) XMCD. The red and blue curves indicate experimental and simulation results.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山本航平
2. 発表標題 Time-resolved resonant soft x-ray scattering study of antiferromagnetic Fe perovskite oxide thin films
3. 学会等名 LSC2023（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本航平
2. 発表標題 BL4Bでの磁性体薄膜の内部構造解明に向けた反射率XMCD法の試み
3. 学会等名 UVSORシンポジウム
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------