

光電子顕微鏡を用いた硬 X 線イメージング

Hard x-ray imaging using photoelectron emission microscopy

谷内敏之^a、脇田高德^b、小飼真人^c、鈴木基寛^b、河村直己^b、高垣昌史^b、

尾嶋正治^a、秋永広幸^d、小林啓介^b、*小野寛太^e

Toshiyuki Taniuchi^a, Takanori Wakita^b, Masato Kotsugi^c, Motohiro Suzuki^b, Naomi Kawamura^b,

Masafumi Takagaki^b, Masaharu Oshima^a, Hiroyuki Akinaga^d, Keisuke Kobayashi^b, Kanta Ono^c

^a 東京大学, ^b 高輝度光科学研究センター, ^c 広島大学,

^d 産業技術総合研究所, ^e 高エネルギー加速器研究機構

^aUniv. of Tokyo, ^bJASRI, ^cHiroshima Univ., ^dAIST, ^eKEK

硬 X 線領域で顕微分光を行うため、光電子顕微鏡 (PhotoElectron Emission Microscopy; PEEM) を大型放射光施設 SPring-8 BL39XU に設置し、磁気イメージングを行った。磁気イメージングには高密度磁気記録媒体に用いられている CoCrPt 薄膜に面直方向および面内方向に磁気記録した 2 種類の試料を用いた。磁気円二色性を用いて Pt L 吸収端で磁気イメージングを得ることに成功した。磁気イメージングにおける空間分解能は約 130 nm であった。

We have performed a hard x-ray imaging using PEEM (Photoelectron emission microscopy) at BL39XU of SPring-8. We have obtained magnetic images CoCrPt magnetic recording media with 130 nm spatial resolution using circularly polarized x-ray at Pt L-edge.

背景と研究目的

硬 X 線領域での顕微分光手法はフレネルゾーンプレートや KB ミラーなどを用いた X 線集光型の顕微分光法が一般的である。一方、軟 X 線領域では光電子顕微鏡 (PhotoElectron Emission Microscopy; PEEM) が広く用いられている。光電子顕微鏡は光電子放出した光電子を電子レンズ系で結像するため、集光技術を必要とせず比較的簡便にイメージングが可能である。

また、光電子顕微鏡は結像型であるため、光子エネルギーを変化させて像を取り込むこと

で、測定後に取得した画像の任意の微小領域から X 線吸収スペクトルを得ることができる。

本研究では光電子顕微鏡を硬 X 線領域での磁気顕微分光手法として用いる可能性の探索を主眼として実験を行った。われわれは 2003B の実験において硬 X 線領域において 40 nm という高い空間分解能が PEEM で得られることを示した。また Co や Fe, Ni を含む試料に対し、各元素の吸収端近傍で光子エネルギーを変化させて像を得ることにより、取得画像から微小領域の XANES, EXAFS を得ることができる事も示した。

今回は硬 X 線領域において PEEM を用いた磁気イメージングを中心に実験を行った。磁性体の磁化の方向により、吸収端で左・右円偏光の吸収強度が異なる X 線磁気円二色性 (X-ray Magnetic Circular Dichroism; XMCD) を用いることにより、磁性材料の元素選択的な磁気イメージングを行うことができる。軟 X 線領域では光電子顕微鏡を用いた磁気イメージングが盛んに行われている。本研究では、次世代の超高密度磁気記録媒体に着目し、その開発において必要不可欠な元素選択的な磁気イメージングを行うことを目的とした。

実験

用いた光電子顕微鏡システムは、小型で移動可能なものであり (Elmitec PEEM SPECTOR)、ナノテクノロジー支援プロジェクトにより導入された。実験は SPring-8 の BL39XU で行った (Fig. 1)。

磁気イメージングに用いた試料は、次世代の高密度磁気記録媒体として注目されている CoCrPt 薄膜に垂直および面内方向に磁気記録を行ったものを用いた。試料作製および磁気記録は東北大学電気通信研究所村岡研究室で行った。BL39XU では移相子を用いた円偏光の切り換えが可能である。本研究ではビームライン

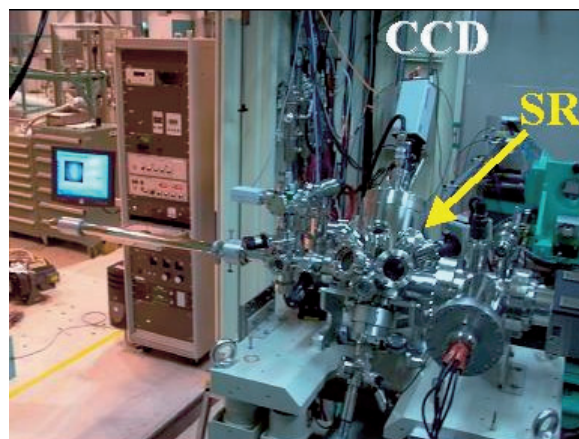


Fig. 1 Photograph of the PEEM system established at BL39XU

(挿入光源ギャップ、分光器、移相子) の制御と光電子顕微鏡の制御をコンピュータで一括して行うシステムを構築した (Fig. 2)。本システムでは、円偏光切り換えと画像取り込みを速いサイクルで繰り返し行うことで、S/N 比を向上させることにより、明瞭な磁気イメージングを行う事が可能になった。

結果および考察

はじめに垂直磁気記録した CoCrPt 薄膜の磁気イメージングを行った。Figure 3 に得られた磁気イメージを示す。Pt の L_3 と L_2 吸収端の両方で明瞭な記録パターンが観察された。また、 L_3 と L_2 吸収端で XMCD の符号の違いに起因してコントラストが反転していることが分かる。この結果から光電子顕微鏡をもちいて硬 X 線

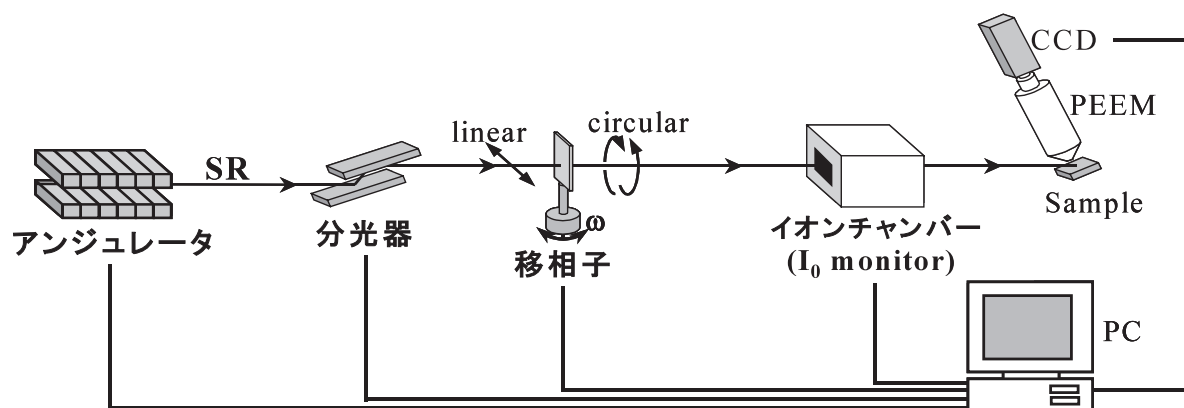


Fig. 2 Schematic image of total control system of light source and PEEM system

領域においても磁気イメージングを行うことが可能であることが分かった。

次に面内方向に磁気記録を行った試料についての磁気イメージングを行った。本研究で用いた PEEM システムにおいては、入射光とサンプルとの間の角度は 60° である。そのため面内の磁化成分に対しての磁気コントラストがより明瞭に得られる。Pt L_3 吸収端で得た面内磁気記録薄膜の磁気イメージを figure 4 に示す。面直磁気記録試料の場合と同様に明瞭なパターンを見ることができた。また面内磁化の方がより少ない積算時間でイメージングが可能であり、試料のドリフトによる空間分解能の低下が避けられた。そのため 600 nm ピッチで書き込まれたパターンも観察することができた。このとき得られた磁気イメージに対する空間分解能は、figure 5 に示すように 136 nm であった。本研究により、光電子顕微鏡を用いて高い空間分解能で硬 X 線領域の磁気イメージングを行うことが可能であることが分かった。

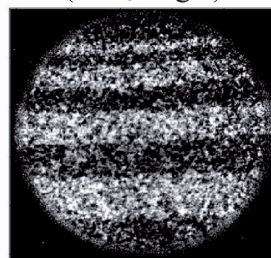
発表状況

谷内敏之、脇田高德、鈴木基寛、河村直己、高垣昌史、宮川勇人、郭方准、中村哲也、久保田正人、尾嶋正治、秋永広幸、小林啓介、小野寛太、第 17 回日本放射光学会年会 (口頭発表)

- [1] Wakita et al., The 4th International Conference on LEEM/PEEM
- [2] Kotsugi et al., The 4th International Conference on LEEM/PEEM
- [3] T. Taniuchi, M. Oshima, H. Akinaga and K. Ono, XIV International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics
- [4] T. Taniuchi, M. Oshima, H. Akinaga and K. Ono, J. Electron Spectrosc. Related Phenom., *in press*

$h\nu = 11.56 \text{ keV}$

(Pt L_3 edge)



$h\nu = 13.27 \text{ keV}$

(Pt L_2 edge)

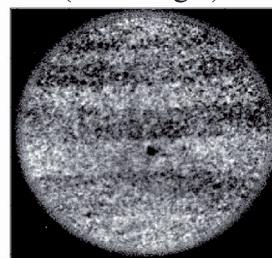


Figure 3 Magnetic images of magnetically patterned CoCrPt film with perpendicular magnetization (Field of view: 100 μm)

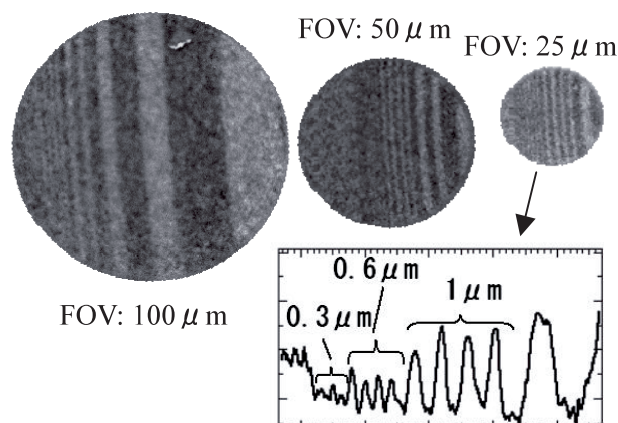


Figure 4 Magnetic images of magnetically patterned CoCrPt film with inplane magnetization.

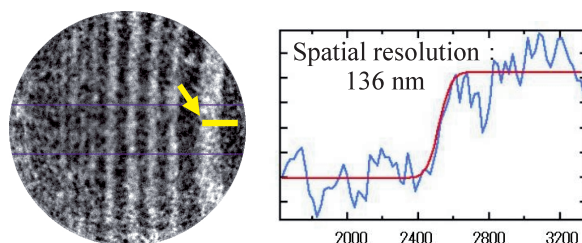


Figure 5 Spatial resolution of magnetic image in magnetically patterned CoCrPt film.

- [5] T. Taniuchi, M. Oshima, H. Akinaga and K. Ono, J. Appl. Phys., submitted.

キーワード

・ 光電子顕微鏡

真空準位より高いエネルギーの光を入射したときに放出される光電子を加速し、電子レンズによって拡大、結像させる顕微鏡。