

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、鈴木基寛^b、河村直己^b、高垣昌史^b、宮川勇人^a、郭方准^b、
 中村哲也^b、久保田正人^c、尾嶋正治^a、秋永広幸^d、小林啓介^b、*小野寛太^c
 Toshiyuki Taniuchi^a, Takanori Wakita^b, Motohiro Suzuki^b, Naomi Kawamura^b, Masafumi Takagaki^b,
 Hayato Miyagawa^a, Fang Zhun Guo^b, Tetsuya Nakamura^b, Masato Kubota^c, 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 高エネルギー加速器研究機構,

^d 産業技術総合研究所

^aThe Univ. of Tokyo, ^bJASRI, ^cKEK, ^dAIIST

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 の BL39XU に設置し実験を行った。空間分解能の評価と微小領域 XAFS は、電子線リソグラフィを用いてナノ加工した Co パターンを用いて行った。また磁気イメージングは垂直磁気記録媒体に用いられている CoCrPt 薄膜に磁気記録したものをを用いた。Co K 吸収端において空間分解能 40 nm が得られた、また光子エネルギーを変化させて微小領域の XANES を得ることができた。さらに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行うことに成功した。

We have performed a hard x-ray imaging using PEEM (Photoelectron emission microscopy) at the BL39XU of SPring-8. The spatial resolution of 40 nm was obtained at the Co K-edge. We have also achieved a magnetic imaging of CoCrPt magnetic recording media using x-ray magnetic circular dichroism at the 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えて像を取り込むことで、測定後に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 線領域での顕微分光手法として用いる可能性を探るため実験を行った。

一方、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ができると考えられる。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、特に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)。空間分解能の評価と微小領域 XAFS を行う

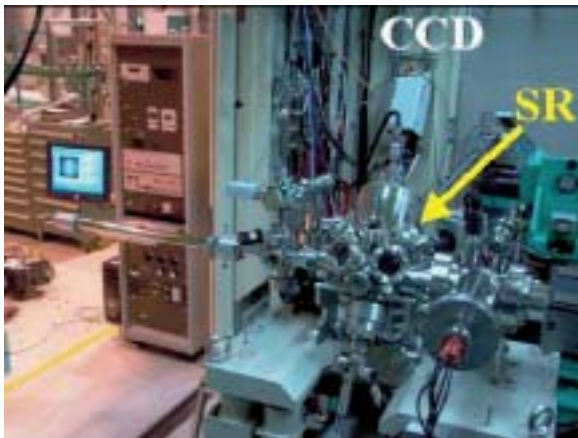


Fig. 1 Photograph of the PEEM system established at BL39XU

ため、電子線リソグラフィーを用いてナノ加工することにより Co パターン試料を作製した。作製はナノテクノロジー支援プロジェクトの支援を受け、産業技術総合研究所ナノプロセッシング施設で行った。

また磁気イメージングに用いた試料は、次世代の垂直磁気記録媒体として注目されている CoCrPt 薄膜に磁気記録したものを用いた。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ものを用いた。一般に硬 X 線領域の XMCD 強度は小さいことが知られている。BL39XU は移相子を用いた円偏光切り換えが可能である。そこで本研究ではビームライン (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、磁気イメージングを行う工夫をした。

結果および考察

空間分解能評価の結果を Figure 3 示す。上図は Co K 吸収端で測定した Co のライン&スペース試料の光電子像である。黄色の線の部分において、エッジの急峻さから分解能評価を行い、40nm という高い分解能が達成できていること

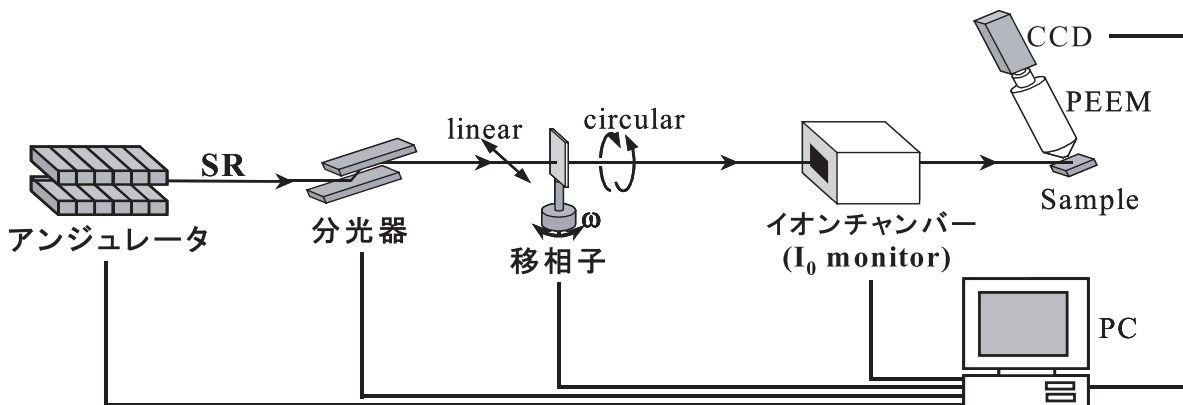


Fig. 2 Schematic image of total control system of light source and PEEM system

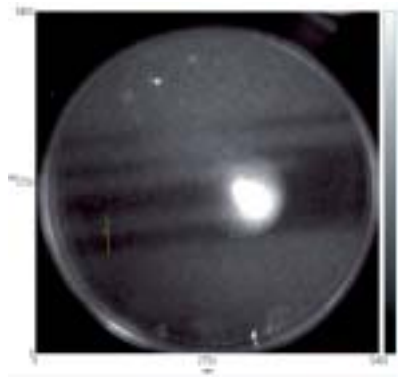


Fig.3 PEEM image of Co line and space

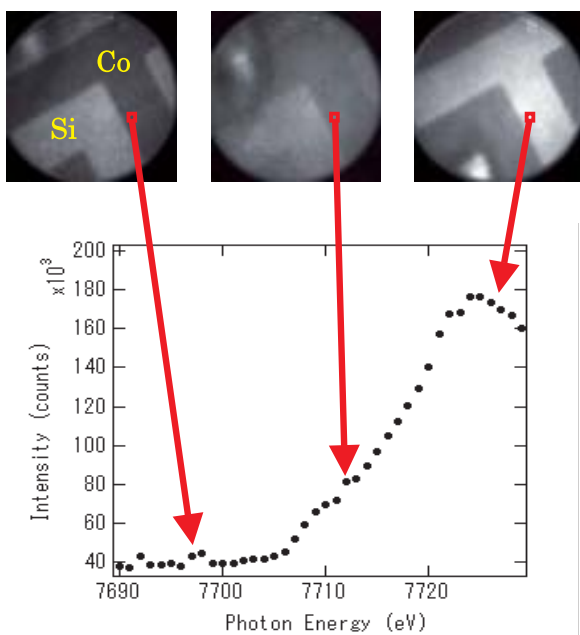


Figure 4 PEEM images of patterned Co (Field of view: 50 μm), and XANES spectrum derived from PEEM images.

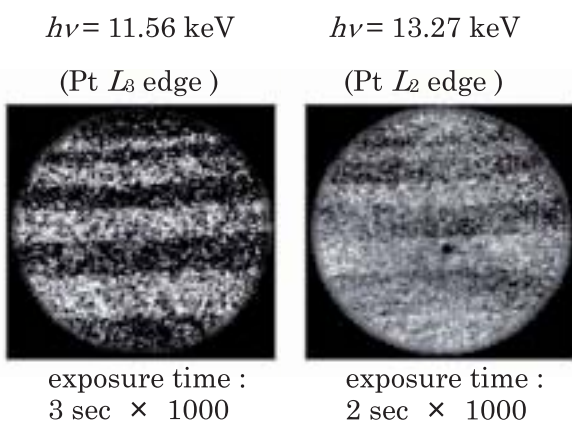


Figure 5 Magnetic imaging of mag-netically patterned CoCrPt (Field of view: 100 μm)

がわかった。

Figure 4に光子エネルギーを変えていったときの Co パターンの光電子像を示す。K 吸収端前後で Co の部分のコントラストが変化していることがわかる。四角で示す $1 \mu\text{m}^2$ に相当する部分(赤)の強度をプロットすると Figure 4 下図のような微小領域 XANES を得ることができた。

最後に磁気イメージングの結果を Figure 5 に示す。Pt の L_3 と L_2 吸収端の両方で明瞭な磁気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 線領域の磁気イメージング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)

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。