

## 垂直記録用単磁極ヘッドの磁化挙動に関する研究 Study on Magnetization of Single-Pole-Type Head for perpendicular Magnetic Recording

田口 香, 近藤 祐治, 千葉 隆

Kaori TAGUCHI, Yuji KONDO, Takashi CHIBA

秋田県産業技術総合研究センター

Akita Prefectural R&D Center

垂直磁気記録用単磁極ヘッドの主磁極の磁化挙動を調べるため、大型放射光施設 SPring-8 の BL39XU を使って、X線磁気円二色性を利用した磁化測定を行った。薄膜単磁極ヘッドの媒体対向面に、擬似的な媒体裏打ち層として軟磁性膜を形成した試料を用いた。擬似裏打ち層を透過して下層に位置する微小な主磁極の磁化を測定するため、浸入深さの大きい硬 X 線を集光させて試料に照射した。擬似裏打ち層が存在する状態においてもヘッド主磁極の磁化挙動を観察できることが分かった。

We have tried to measure the magnetization of a main pole of a single-pole-type head for perpendicular magnetic recording. An undulator beamline BL39XU in SPring-8 was used. To detect the magnetization of the main pole on which a soft magnetic film as a pseudo soft backlayer of the recording medium was deposited, the method of hard X-ray magnetic circular dichroism (XMCD) with focused high resolution beam was used. Since, the hard X-ray could penetrate through the pseudo soft backlayer. The magnetic behavior of the head main pole was measured with the XMCD method in the presence of the pseudo soft backlayer.

キーワード：垂直磁気記録，単磁極ヘッド，軟磁性膜，X線磁気円二色性，元素選択磁化測定

背景と研究目的 単磁極ヘッドと二層膜媒体を組み合わせた垂直磁気記録方式において、単磁極ヘッドの記録特性は主磁極の磁化挙動に強く依存する。二層膜媒体の軟磁性裏打ち層はヘッドとの磁気回路の一部として重要な役割を担っており、裏打ち層の存在する状態での主磁極の磁化状態を把握することは、今後のヘッド設計に有用な指針を与えると考えられる。

これまで、電子線トモグラフィ<sup>1)</sup>やカー効果<sup>2)</sup>などによる主磁極動作状態の評価手法が提案されている。しかしながら、これらの評価手法では、裏打ち層を備えた状態で主磁極の磁化状態を直接評価はできなかった。本研究では、X線磁気円二色性(XMCD: X-ray Magnetic Circular Dichroism)<sup>3)</sup>を利用して、裏打ち層と組み合わせた状態で主磁極の磁化状態を直接評価すること

を目的とした。擬似的な媒体裏打ち層として軟磁性膜をヘッド表面に形成した試料を作製し、裏打ち層の下層に位置するヘッド主磁極の磁化を直接測定することを試みた。裏打ち層を透過させるために $\mu\text{m}$ オーダーの浸入深さを特徴とする硬X線を用い、さらに、主磁極先端の微小領域の測定を行うために $\mu\text{m}$ オーダーまで集光させた。実験・解析方法 試料は、図1に示す単磁極ヘッド<sup>4)</sup>を用いた。主磁極およびリターンヨークにはCo-Ni-Feめっき軟磁性膜を用いた。主磁極先端の厚みと幅はそれぞれ0.2および $1\mu\text{m}$ である。記録媒体に対向するヘッド表面に、主磁極-媒体軟磁性裏打ち層間の磁氣的スペーシングとして、厚み60 nmのSiO<sub>2</sub>を、裏打ち層として厚み200 nmのFe-Si-N膜をスパッタ法により形成した。

実験はSPring-8のBL39XUを用いて行った。

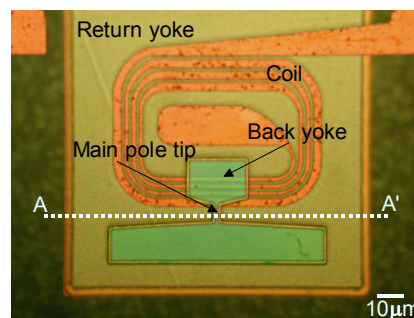
Kirkpatrick-Baez (KB)ミラーにより、ビームを半値幅で $1.7(H) \times 2.5(V) \mu\text{m}^2$ まで集光した。主磁極材料中最大濃度を含有し、かつ擬似裏打ち層には含まれていないCoを検出元素とし、入射エネルギーはCoK  $\alpha$ 吸収端である7.718 keVに設定した。X線をヘッド表面に対して垂直に入射し、Fe-Si-N膜の下層に存在するCo元素のXMCD信号を蛍光法により測定した。ヘッド素子の駆動にはパルスジェネレータを用い、42.4 MHzの交流矩形波をヘッドコイルに通電した。

**結果および考察** 主磁極中心で測定したCoの吸収強度で規格化したXMCD信号のヘッド印加電流依存性を図2に示す。各極性の最大電流印加時に検出した100回のXMCD信号の平均値をプロットし、標準偏差をエラーバーで表している。印加電流の極性および振幅に対応したXMCD信号の変化が検出できていることが分かる。一方、リターンヨーク中心にて同様の測定を行ったところ、XMCD信号は主磁極中心で測定した場合の20%程度で、また、逆極性を示していた。リターンヨークは一般に、主磁極に比べて大きくすることで磁束集中を生じないように設計する。今回の測定においても、磁化に対応するXMCD信号は、リターンヨークよりも主磁極で測定した場合に大きくなっており、記録磁界が主磁極部で大きいことを実験的に確認できたといえる。

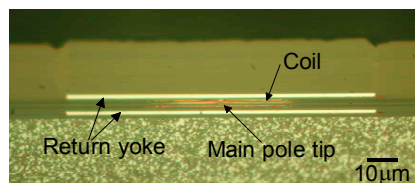
以上の結果から、今回用いた硬X線を用いたXMCDによる磁化測定は、これまで報告例のない擬似裏打ち層と組み合わせた主磁極の磁化挙動の評価に有効であるといえる。

**今後の課題** 今後の更なる高密度記録に向けた記録システムの構築には、数10～数100nmオーダーの微小な記録ヘッド先端の評価が不可欠であり、ナノテクノロジー分野における重要な研究のひとつといえる。今回の測定手法の高精度化、たとえば、深さ方向に分解を有し検出深度を特定する、あるいは、浸入深さの小さい軟X線を用いる、などにより測定深さを制約することで、微小な主磁極先端の磁化測定が可能と考えられ

る。今後、狭トラック先端部の高周波応答や残留磁化の測定を計画したい。

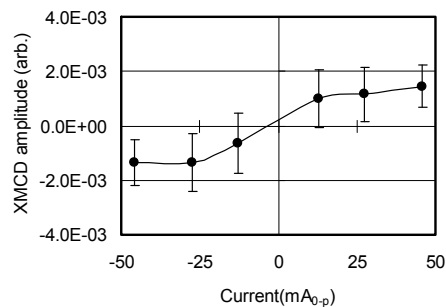


(a) Top view



(b) Head surface view (A-A' cross section)

**Fig. 1.** Structure of a CF-SPT head.



**Fig.2.** Dependence of the XMCD signal on the head driving current.

#### 参考文献

- 1) K. Nakamura, et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **287**, 333-338 (2005)
- 2) J. Heidmann, et al., *J. Magn. Magn. Mater.*, **287**, 357-361 (2005)
- 3) M. Suzuki, et al., *Proceedings of the International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, AIP Conference Series*, **879**, 1699-1702 (2007)
- 4) K. Taguchi, et al., *J. Magn. Soc. Jpn.*, **30**, 353-356 (2006)