

## XMCD による次世代磁気ディスクの $\mu\text{m}$ 領域磁気構造評価 Micro Magnetic Structure of DTM using $\mu\text{m}$ -beam XMCD

平野辰巳、萩野谷千積、武井久子  
Tatsumi Hirano, Chiseki Haginoya, Hisako Takei

(株)日立製作所  
Hitachi Ltd.

マイクロビーム XMCD を用いて次世代磁気ディスクの Discrete Track Media (DTM) の加工ダメージを評価した。10 $\mu\text{m}$  領域に加工した DTM の Pt-L3 端の XMCD 測定から、Ga 集束イオンビームによる FIB 加工に比べて、Ar ミリング加工は低ダメージな加工であることがわかった。

We characterized processing damages in discrete track media (DTM) using  $\mu\text{m}$ -beam XMCD. The results of Pt-L3 edge XMCD of DTM fabricated in 10  $\mu\text{m}$  area indicated that an Ar milling is lower damage processing than a Ga focused ion beam (FIB) milling.

キーワード：パターン媒体、垂直磁気記録、XMCD、マイクロビーム

### 1. 緒言

磁気ディスク装置(HDD)の記録密度は年率40%程度で向上しており、記録密度が1Tb/in<sup>2</sup>のHDDが研究段階になっている。その開発は磁気ヘッドの高感度化と記録媒体の高記録密度化が鍵である。記録媒体の課題は、低ノイズ化と熱安定性で、面内記録に比べて優位な垂直磁気記録が製品化された。更なる記録密度の向上に向けて、1)Discrete Track Media(DTM)によるトラック密度の向上、2)Bit Patterned Media(BPM)による低ノイズ化を図る技術が検討されている。DTMは記録トラック間の磁性膜を取り除いたもので、磁性膜の加工法として、電子ビーム(EB)、集束イオンビーム(FIB)、フォトリソ、イオン照射などが検討されているが、磁性膜を直接加工するため、そのトラック端部での加工ダメージが問題となる。マイクロビーム-X線磁気円二色性法(XMCD)及び元素選択磁気ヒステリシス法(ESMH)を用いたBPMのFIB加工ダメージ評価が報告されている<sup>1)</sup>。DTMはBPMに比べて加工領域が少なく加工ダメージ評価への適用が懸念される。そこで、DTMにおけるFIB加工およびArイオンミリング加工によるダメージ評価への上記手法の適用可能性を検討した。

### 2. 実験方法

FIB加工試料は、Si基板/下地層A/CoCrPt-SiO<sub>2</sub>(13)/CoCrPtB(5)/C(4)である。括弧

内の数値は、膜厚でnm単位である。垂直磁化膜DTMは、GaイオンによるFIBを用い、トラックピッチ(TP):100nm~1000nmを各10 $\mu\text{m}$ 領域に加工した。Arミリング加工試料は、Si基板/下地層B/CoCrPt-SiO<sub>2</sub>(13)/CoCrPtB(5)/C(20)/Ta(3)で表面に塗布したレジストをEBによりTP:200nm~1000nm、各10 $\mu\text{m}$ 領域で加工した。RIE(Reactive Ion Etch)によりEB描画した場所のTaとCを除去し、ArイオンミリングによりCoCrPtBを除去してDTMを作製した。測定には、BL39XUのマイクロビーム-XMCD装置を用いた<sup>2)</sup>。ダイヤモンド位相子による左回り/右回り円偏光X線をKirkpatrick-Baez配置のミラーで試料上に集光した。測定時のビーム径は、約3 $\mu\text{m}$ である。マイクロビームによるPt蛍光マッピングで、DTM加工領域を同定した。

XMCD及びESMHは左回り/右回り円偏光X線によるPt-L $\alpha$ 蛍光X線をシリコンドリフト検出器で測定した。測定時間は各1時間程度である。試料表面と外部磁場および入射X線のなす角度は90度とした。左回り/右回り円偏光X線の吸収スペクトルを各々、 $\mu(+)$ 、 $\mu(-)$ として、

$$XMCD = \frac{\mu(+)-\mu(-)}{\text{平均スペクトルのL3端最大値}} \quad (1)$$

によりXMCDを計算した。ここで、 $\mu$ は吸収前前のバックグラウンドを差し引いたスペクトルである。また、ESMHはXMCD最大となるL3端波長で外部磁場を $\pm 0.8\text{T}$ で掃引し、保磁力(Hc)

を算出した。

### 3. 実験結果

図1(A)に、トラックピッチ (TP) : 100nm の FIB 加工部と加工が無い連続膜部での Pt-L3 端平均吸収スペクトル(XAS)と XMCD を示す。FIB 加工した TP : 100nm は連続膜に比べて、吸収量 ( $\propto$  Pt 元素量)が減少している。(1)式により Pt 元素量で規格化した XMCD は Pt 元素当たりの磁化量に比例する。TP : 100nm の XMCD は連続膜に比べて減少しており、FIB 加工により、その磁化量が減少している。図1(B)に、図1(A)同測定部での ESMH を示す。FIB 加工した TP:100nm は、連続膜に比べて保磁力が大きく減少した。

図2(A)に XMCD の TP 依存性を示す。FIB 加工した TP : 100nm の XMCD は大きく減少するものの、連続膜から TP : 200nm にかけての XMCD の減少は 2%とわずかである。一方、Ar

ミリング加工では、連続膜から TP : 200nm にかけて XMCD は 6%程度、増加しており、FIB 加工と逆の傾向にあることがわかった。

図2(B)に保磁力(Hc)の TP 依存性を示す。FIB 加工では、TP が小さくなると Hc は大きく減少し、加工によるダメージを示している。一方、Ar ミリング加工では、Hc の変化は認められず、低ダメージな加工であることがわかる。以上の実験結果からマイクロビーム-XMCD/ESMH 法は DTM の加工ダメージに適用できることがわかった。

### 参考文献

- 1) 近藤祐治、信学技法、MR2007-1 (2007).
- 2) M. Suzuki et al., Proceedings of the International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, AIP Conference Series, **879** (2007) 1699.

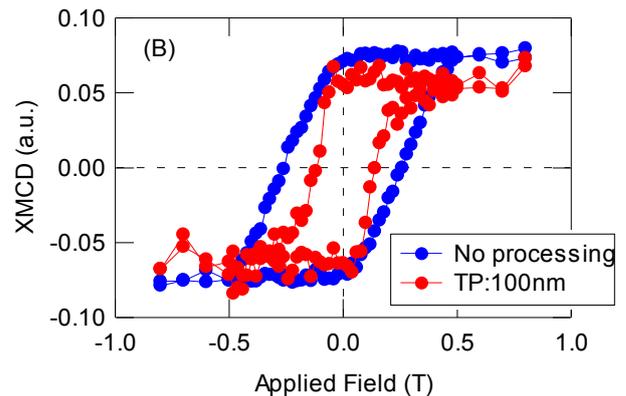
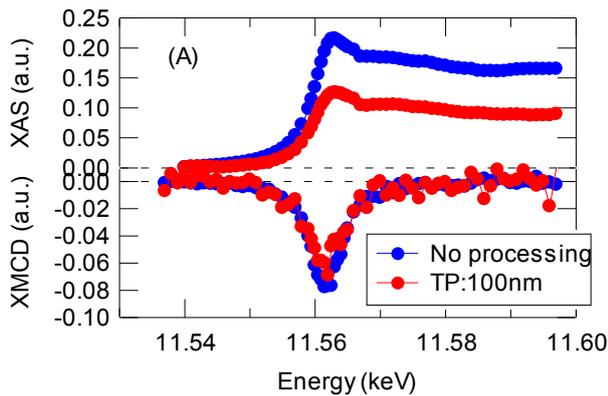


Fig.1 XAS and XMCD (A) at Pt L3 edge and hysteresis loop (B): w/o DTM processing by Ga-FIB.

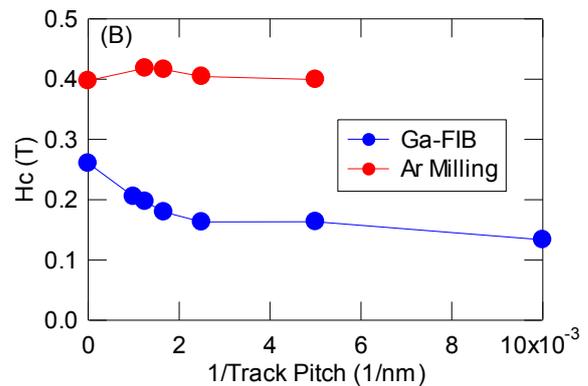
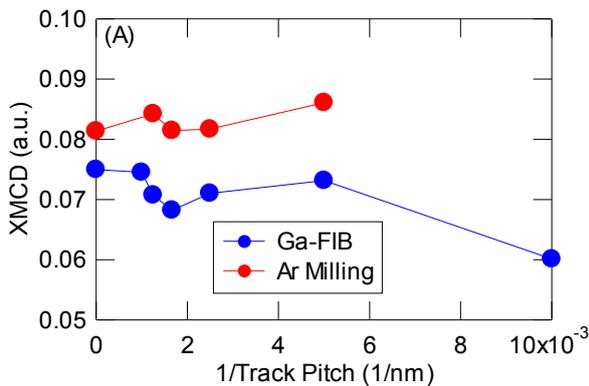


Fig.2 Track Pitch vs. XMCD(A) and coercive force, Hc (B) fabricated by Ga-FIB and Ar milling