

2020-11-26

株式会社 東芝

公益財団法人 高輝度光科学研究センター

国立大学法人 東北大学

ハードディスク用書き込みヘッドの新たな解析技術を開発
～世界で初めて 100 億分の 1 秒の精度でヘッド動作の画像化に成功、
ハードディスクの大容量化に貢献～

株式会社 東芝、公益財団法人 高輝度光科学研究センター (JASRI)、国立大学法人 東北大学は共同で、大型放射光施設 SPring-8 (*1) の放射光 (*2) を用い、ハードディスクドライブ (HDD) 用書き込みヘッド (*3) の磁化の挙動を 100 億分の 1 秒の精度で画像化することに世界で初めて成功しました。今回開発された手法により、書き込みヘッドの動作解析が高精度にできるようになることで、次世代書き込みヘッドの開発が加速し、HDD のさらなる大容量化が期待できます。今回の研究成果 (*4) は Journal of Applied Physics で 10 月 6 日に発表され、12 月 14 日より開催される第 44 回日本磁気学会学術講演会でも発表される予定です。

IDC (International Data Corporation) によると、2018 年から 2025 年のわずか 7 年間で世の中のデータ量が 5 倍以上になると予測され、世界は「データ爆発の時代」を迎えています。主要なストレージデバイスである HDD の 2020 年の年間総出荷容量は 1 ゼタ (10^{21}) バイトに達し、売上は 200 億米ドルにのぼると見込まれています (*5)。今後、HDD のさらなる容量の増加と、データ転送速度の向上を実現するためには、書き込みヘッドの動作を正確に把握して合理的な設計にする必要があります。しかし、書き込みヘッドは 100 ナノ (*6) メートル以下の微細な構造をもち、1 ナノ秒以内で高速な磁化反転が行われるため、実際にその動作を観察することはこれまで困難でした。動作の把握は、磁化挙動シミュレーションによる解析や、磁気記録媒体に書き込みを行った際の特性を用いた間接的な解析によって推測する手段しかなく、ヘッドの動作を正確に把握できる新しい手法の開発が望まれていました。

そこで、東芝、JASRI、東北大学は共同で、大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL25SU に設置された走査型 X 線磁気円二色性顕微鏡 (*7) 装置を用いた HDD 書き込みヘッドの新規解析技術を開発しました。本技術では、SPring-8 の蓄積リングから周期的に生成される X 線パルスに同期させて、その 10 分の 1 の周期で書き込みヘッドの磁化を反転させるタイミング制御を行い、時間分解測定を実現しました。これにより、集光した X 線を書き込みヘッドの記録媒体対向面上で走査し、磁気円二色性を利用することで磁化の時間変化の画像化に成功しました。時間分解能、空間分解能はそれぞれ 50 ピコ秒 (*8)、100 ナノメートル (*9) を達成し、書き込みヘッドの微細な構造、高速な動作の解析を可能にしました。今後、X 線の集光に用いる素子の改良などを重ねることで、さらに高い分解能を達成するポテンシャルがあります。

この手法を用いて、書き込みヘッドの反転時の磁化変化の解析を行い、主磁極部分の磁化反転が 1 ナノ秒以内に完了する様子をとらえました。また、主磁極部分の磁化反転に伴ってシールド部分に生じる磁化の空間的パターンの観察にも成功しました。動作時の書き込みヘッドの磁化の挙動をこのような高い空間・時間分解能でとらえた研究はこれまでなく、本手法を用いることで、書き込みヘッドの動作解析を高精度に行う事ができ、HDD のさらなる高性能化を可能とする次世代書き込みヘッド開発への貢献が期待できます。



図 1 : SPring-8 の外観 (国立研究開発法人 理化学研究所 提供)

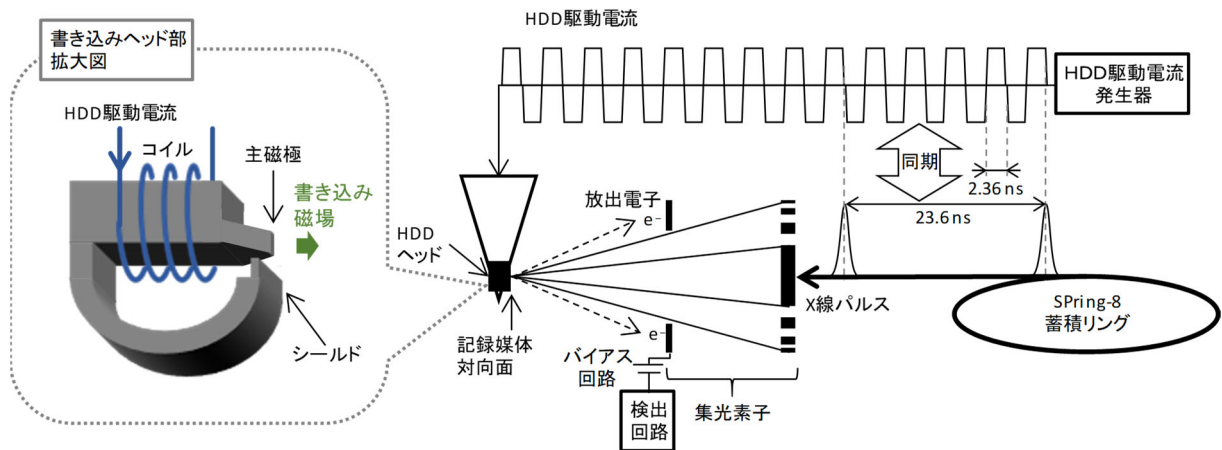


図 2 : 今回開発した解析技術の概略

書き込みヘッドの
記録媒体対向面の
走査電子顕微鏡像

今回開発した技術によって得られた、書き込みヘッドの記録媒体対向面における磁化像の時間変化
色は紙面垂直方向の磁化に対応。各像の左上に時間を示す。

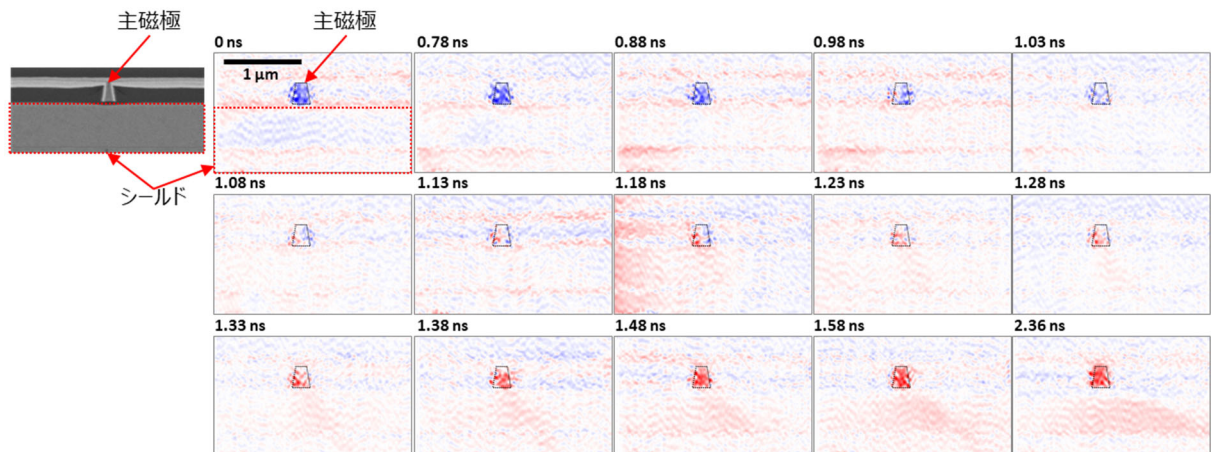


図3：書き込みヘッドの磁化変化の様子

東芝は次世代の HDD 技術であるエネルギーアシスト磁気記録の開発を行っており、今回開発された解析手法、ならびに本手法により得られた書き込みヘッドの動作に関する知見を、エネルギーアシスト磁気記録向け書き込みヘッドの開発に応用することを目指します。

論文情報

題名：Time-resolved imaging of an operating hard-disk-drive write head using nano-beam x-ray magnetic circular dichroism

著者：H. Suto, A. Kikitsu, Y. Kotani, T. Maeda, K. Toyoki, H. Osawa, N. Kikuchi, S. Okamoto and T. Nakamura

ジャーナル名：Journal of Applied Physics 128, 133903 (2020)

DOI：doi.org/10.1063/5.0022571

*1 大型放射光施設 SPring-8

兵庫県の播磨科学公園都市にある、世界最高性能の放射光を生み出す理化学研究所の施設。その利用支援等は高輝度光科学研究センターが行っています。SPring-8 の名前は Super Photon ring-8 GeV に由来しています。SPring-8 では、放射光を用いてナノテクノロジー、バイオテクノロジーや産業利用まで幅広い研究が行われています。

*2 放射光

電子を光とほぼ等しい速度まで加速し、磁石によって進行方向を曲げた時に発生する、細く強力な電磁波。放射光には次のような特徴があります。“極めて明るい”、“細く絞られ広がりにくい”、“X 線から赤外線までの広い波長領域を含む”、“偏光している”そして“短いパルス光の繰り返しである”。

*3 書き込みヘッド

HDD では、書き込みヘッドを用いて局所的な磁場（書き込み磁場）を発生し、磁気記録媒体にデジタル記録を行います。HDD の記録密度、記録スピードは、書き込み磁場の分布、書き込みヘッドの動作スピードによって決まります。

*4 今回の研究成果

米国物理学協会の学術雑誌「Journal of Applied Physics」オンライン版に 10 月 6 日付で掲載されました。

doi.org/10.1063/5.0022571

*5 出展：日本 HDD 協会 2020 年 1 月セミナーレポート

*6 ナノ：10 億分の 1

*7 走査型軟 X 線磁気円二色性顕微鏡

X 線磁気円二色性とは、磁性体の円偏光 X 線の吸収係数が左・右円偏光で異なる現象です。走査型軟 X 線磁気円二色性顕微鏡では、光源に集光された軟 X 線を用い、照射位置を二次元的に走査して左・右円偏光による吸収の差を測定することにより、非常に高感度かつナノスケールでの磁化情報を調べることが可能です。本装置は文部科学省の元素戦略プロジェクト（研究拠点形成型）＜磁性材料研究拠点＞で開発されました。

*8 50 ピコ秒の時間分解能

200 億分の 1 秒の時間変化を捉えられることを示します。

*9 100 ナノメートルの空間分解能

100 ナノメートル間隔の点をそれぞれ異なる点として認識できることを示します。

以上

《問い合わせ先》

(報道に関すること)

株式会社 東芝

広報室

電話: 03-3457-2100

Email: media.relations@toshiba.co.jp

(研究に関すること)

公益財団法人 高輝度光科学研究センター

主幹研究員 小谷 佳範 (こたに よしのり)

研究員 大沢 仁志 (おおさわ ひとし)

電話 : 0791-58-2785

E-mail : ykotani@spring8.or.jp (小谷)

hitoshio@spring8.or.jp (大沢)

東北大学多元物質科学研究所

教授 岡本 聡 (おかもと さとし)

准教授 菊池 伸明 (きくち のぶあき)

電話 : 022-217-5359

E-mail : satoshi.okamoto.c1@tohoku.ac.jp

(SPring-8/SACLA に関すること)

公益財団法人 高輝度光科学研究センター

利用推進部 普及情報課

電話 : 0791-58-2785 Fax : 0791-58-2786

E-mail : kouhou@spring8.or.jp

(報道に関すること)

東北大学多元物質科学研究所 広報情報室

電話 : 022-217-5198

E-mail : press.tagen@grp.tohoku.ac.jp