



東北大学

解禁時間 (テレビ、ラジオ、WEB) : 平成 21 年 1 月 19 日 (月) 午後 6 時  
(新聞) : 平成 21 年 1 月 20 日 (火) 付 朝刊

平成 21 年 1 月 9 日

報道機関 各位

東北大学多元物質科学研究所

最新磁場計測法による磁気テープの磁束分布の精密解析  
(記録媒体内部・外部の完全な磁束イメージングに成功)

<説明>

我々が日常利用している磁気カードやビデオテープには、大切な情報が微細に記録されている。近年これらの磁気記録情報の適切な保存や消去など、適正な管理の重要性が指摘されてきている。特に外部から磁場などの影響を受けた際、記録された磁気情報がどの程度破壊されるかなど、磁気記録状態をこれまで実験的に正確に解析することは困難と考えられてきた。このような状況の中、東北大学多元物質科学研究所 先端計測開発センターの進藤大輔教授の研究グループは、磁気記録媒体の微細組織を透過電子顕微鏡を用いて解析してきた。今回、最新の電子線ホログラフィーを用いた磁場解析技術を駆使することにより、ナノスケールで磁気テープ内での磁束分布の様子を精密に解析することに初めて成功した。この成果は、今後、高密度垂直磁気記録媒体をはじめとする最新の磁気デバイスの性能評価にも広く利用されるものと、大きな期待が寄せられている。

<研究成果の概要>

進藤教授のグループでは、これまで電子線ホログラフィー技術を用いた電磁場の解析を行い、特に種々の磁性体の磁束分布をナノスケールで解明してきている。今回、この電子線ホログラフィーと、集束イオンビーム法による精緻な薄膜試料作製技術を併用して、記録済みの磁気テープ(ビデオカセットに広く利用されている汎用の Co-CoO 斜方蒸着テープ)の断面観察に初めて成功し、テープ内外の磁束分布を完全な形でイメージングした。さらに、外部より磁場を加えた場合の磁束の変化の様子を捉えることにも成功している。

1. 通常の電子顕微鏡技術では、図 1 が示す通り断面試料の結晶学的な微細構造を確認できるが、その磁場情報を直接観察することはできない。しかし電子線ホログラフィーという最新の科学技術を駆使すると、記録済みの磁気テープの磁束分布を可視化することができる。
2. これまで成功例のない、テープ内外の磁束分布の完璧なイメージングを達成するために、集束イオンビーム法を駆使して均一な膜厚を持つ試料を作製するとともに、入射電子線の方向を変えて複数のホログラム(試料の電磁場情報を含む電子波干渉パターン)を撮影し、電場などのノイズを除去する精緻な解析を行った。その結果、図 2 に示す通り、磁気テープの内部(b)と外部(a)の磁束分布を鮮明に可視化することに初めて成功した。図 2 では等高線状のパターンが磁束線の分布を表す。
3. 電子線ホログラフィーでは、磁気的な書込みの方向(個々の記録ビットの符号)を反映する「磁束線の向き」を一義的に決定することもできる。図 2 では、試料の内部(b)と外部(a)の磁束の方向が矢印で示されているが、右回りの磁束と左回りの磁束が交互に現れており、これらの磁束が

0101...の信号として記録されていることがわかる。こうした信号に対応する外部(a)の磁束（漏洩磁場）を磁気ヘッドで検出することにより、音や映像の情報が得られることになる。

4. 本研究では、記録された磁気情報が、外部から強い磁場を加えていった際にどのように変化するかも詳細に調べた。図3に示す通り、元々の記録状態（as recorded）と比較的弱い磁場（0.15T:Tはテスラで磁場の強さ（磁束密度）を示す単位）では、右回りと左回りの磁束の分布が交互に現れているが、0.2Tの磁場で大きく変化し、0.3Tでは、ほぼ磁束が水平となり、信号が完全に除去されたことがわかる。このように、外部磁場による磁束分布の変化を実験的に追跡し、磁気情報としての信号が破壊される過程を明らかにすることができた。
5. 従来こうした磁束分布は、複雑な微細組織などについて種々の仮定を用いたシミュレーションを用いて検討されてきた。今回、実験的に磁気テープ内外の磁束の分布が正確に得られたことの意義は極めて大きく、これまでの磁気記録のシミュレーションとの比較を行うことが可能となり、記録媒体としての磁性体の改良や、磁気的情報を書き込んだり、読み出したりする際の磁気ヘッドの磁場発生効率の向上を図る上でも有効に利用できる。我々の身の回りで利用されている数多くの磁気情報が正確にナノスケールで捉えられることにより、今後より安全で安心な情報管理が実現するものと期待される。
6. 本研究成果は電子顕微鏡学の専門誌 *Journal of Electron Microscopy* に受理され、論文掲載される。

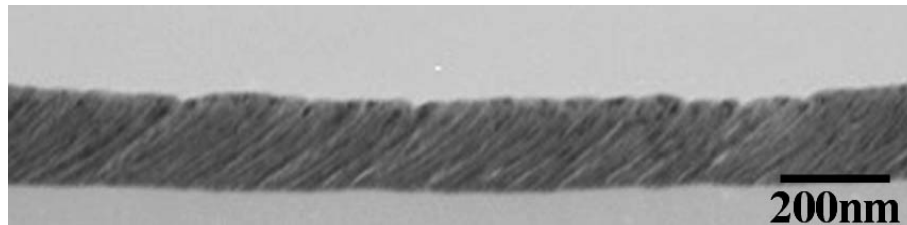


図1 集束イオンビーム法で薄膜化した Co-CoO 斜方蒸着テープ断面試料の透過電子顕微鏡像。斜方蒸着によりコラム状の内部組織が発達している。

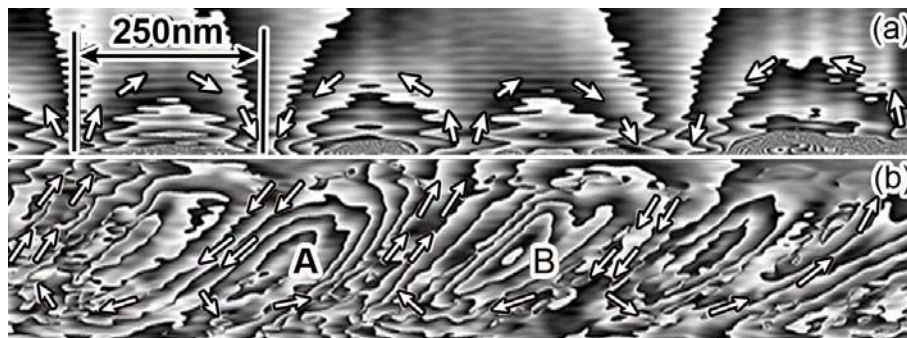


図2 電子線ホログラフィーで明らかにした Co-CoO 斜方蒸着テープの磁束分布。(a)はテープの外部（磁気ヘッドが走査するテープ上面の部分）、(b)はテープ内部の磁束線の分布を表す。記号 A、B は磁束ループの中心を示す。磁束線の方法は矢印で与えている。

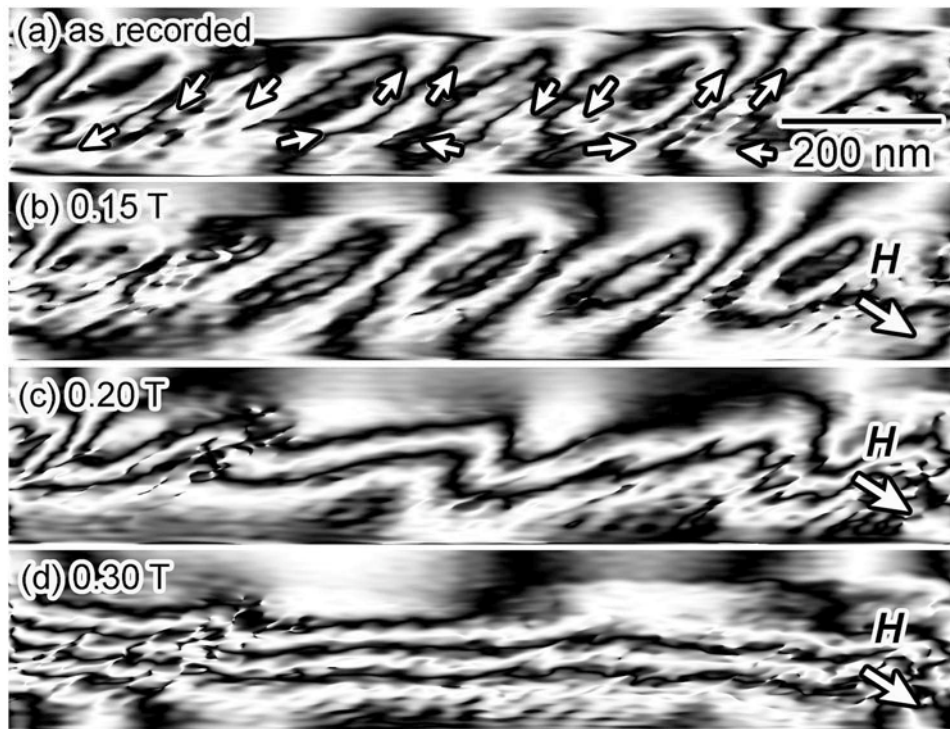


図3 記録済みのテープ (a : as recorded) に外部磁場 (H) を加えた際の磁束分布の変化。(b)0.15T、(c)0.20T、(d)0.30T の磁場を印加した後の状態を電子線ホログラフィーで観察したもの。(a)に記した小さな矢印は磁束線の方向を表す。(b)–(d)で、記号”H”を添えた大きな矢印は印加磁場の方向を表す。

(お問い合わせ先)

東北大学多元物質科学研究所

担当：広報情報室長 教授 村松淳司

[mura@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:mura@tagen.tohoku.ac.jp)

Tel. (022)217-5163

教授 進藤大輔

[shindo@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:shindo@tagen.tohoku.ac.jp)

Tel. (022)217-5170

## 用語説明

### 電子線ホログラフィー

透過電子顕微鏡法では、薄膜や微粒子を透過した電子を利用して、像の観察をはじめとする様々なタイプの実験を行う。この際、試料の磁場や電場の影響で、波としての性質を持つ電子の位相（波の伝わり方を記述する因子）は、入射前の状態と比べて変化する。この位相の変化に関わる情報を、電子波の干渉実験により求める手段が電子線ホログラフィーである。

実験・解析プロセスの概念図を資料1に示す。実験では、上述した物体波（試料、もしくはその周囲の電磁場が存在する空間を通過した電子波）と、位相の変化を受けていない参照波を、バイプリズムという機器を使って干渉させる。その結果、ホログラムという干渉パターンが得られる。デジタルデータ化したホログラムを、コンピュータで画像解析することで、最終的には磁場や電場の分布の様子をイメージングすることができる。

### 集束イオンビーム法

透過電子顕微鏡の観察に用いる薄膜試料を作製するための新しい技術。加速電圧 30kV 程度の条件で Ga イオンビームを試料に照射・走査させることで、金属、半導体、セラミクスなど様々な試料を加工・薄膜化することができる（資料 2）。電子線ホログラフィーでは、試料の膜厚が不均一な場合、磁気情報に重畳されるノイズ成分が無視できない。このノイズ成分を抑えるための一手段として、本研究では集束イオンビーム法を駆使して、試料の厚さを観察視野全域に亘ってほぼ 80nm に制御した。

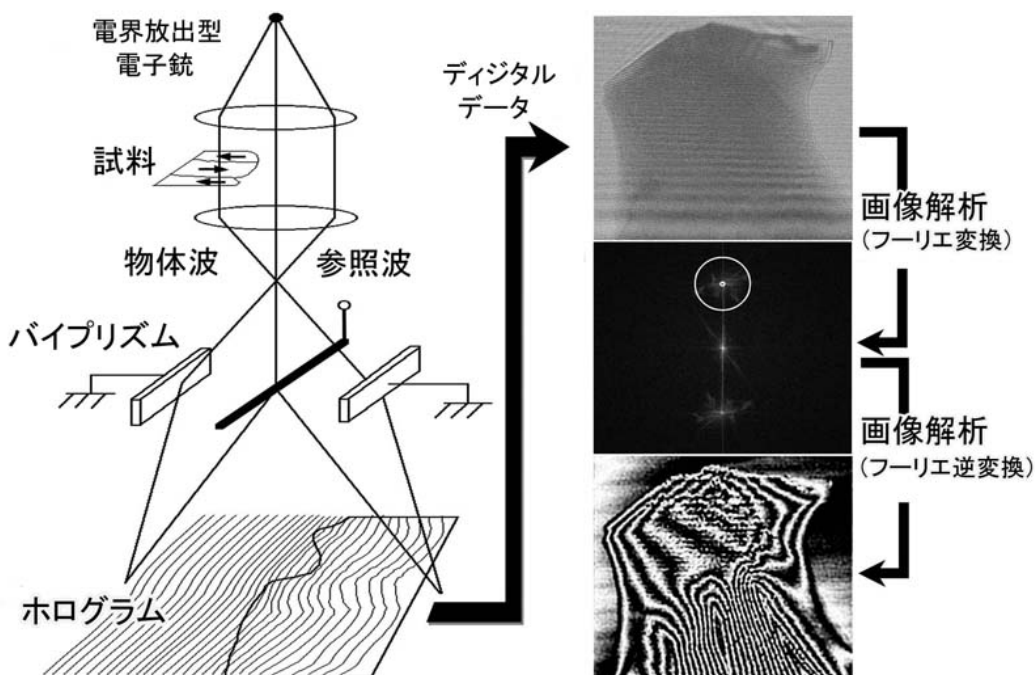
### その他本文の補足説明

#### ● 「電場などのノイズを除去する精緻な解析」

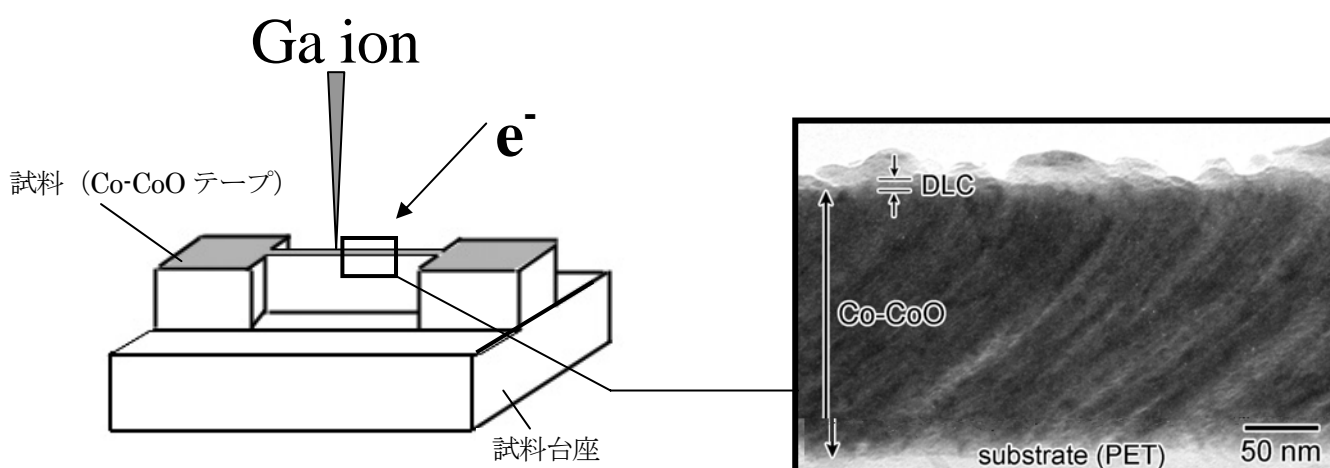
電子線ホログラフィーの実験で得られるホログラムには、本研究で注目する磁場情報の他にも電場の情報が重畳される。この電場の情報は、本研究の場合、電子が真空とは電位（電気的なポテンシャルエネルギー）の異なる試料を透過することで生じる位相変化に由来するもので、その影響を抑える一つの手段が試料の膜厚を均一にするという方法である。一方、磁気テープを構成する Co 粒子と CoO 粒子のイオン研磨効率の違いにより、集束イオンビーム法でも、試料を厳密に平坦にすることは難しい。この僅かな膜厚揺らぎの効果を除去するため、本研究では解析的なノイズ除去を行った。即ち、試料に対する電子の入射方向を 180°変えた条件で、一対のホログラムの撮影を行った。これらのホログラムでは、いわばベクトル量である磁束に由来する情報（位相変化の符号）は正負が逆転するのに対し、電場情報の符号は変わらない。従って、両者の演算により、注目する磁場情報だけを抽出することができる。

(関連資料)

## 資料1 電子線ホログラフィーの実験・解析プロセス



## 資料2 集束イオンビームによる試料の薄膜化



Ga イオンビームを試料の上方から照射・走査し、薄膜化を行う。電子線ホログラフィーの実験では、薄膜化した試料の面法線方向から電子(e<sup>-</sup>)を入射する。

薄膜化後の試料。視野の全域に亘って膜厚を均一に制御することで、磁束分布のみならず、結晶学的な微細構造を明瞭に観察できる。DLC はテープ表面を保護するためのダイヤモンドライクカーボン。substrate (基板) はポリエチレンテレフタレート製。