



In Laboratory Now

研究室訪問 5

記録の高密度化を目指して

中川研究室～電子物理工学専攻



中川 茂樹 助教授

近年、ハードディスクをはじめとする磁気を利用した記録技術が目覚ましい進歩を見せている。記録技術が洗練されることによって、我々は大容量の音楽や画像情報を小さな記録媒体に記録して楽しめるようになった。人々が膨大な量の情報に接する現代社会において、記録を高密度化していく研究は不可欠であるといえる。

中川研究室は、このような時代の流れの一翼を担う研究を行っている。どのようにして記録の高密度化の研究が行われているのか覗いてみよう。



新たな記録方式

中川研究室では「超高密度磁気記録技術の達成」というテーマを掲げ、磁気記録に関して主に記録技術や記録媒体の研究を行っており、中でも新たな記録方式を実用化することに力を注いでいる。これは、中川先生を含む磁気記録の分野に関わる研究者達の間で、現在用いられている記録方式ではこれ以上記録の高密度化を実現していくことが困難だ、と考えられているためだ。

では、現在用いられている記録方式のどのような点が問題なのだろうか。まず磁気記録の原理を説明しよう。磁気記録とは磁性のある薄膜を記録媒体とし、一種の電磁石である記録ヘッドで媒体に磁化を情報として記録するものである。現在用いられている記録方式は、記録ヘッドに流れる電流の向きを変えながら膜面に平行に記録を行っていくことから、面内磁気記録方式と呼ぶ。この方式では、記録された隣同士の磁化は同じ極が向かい合うため反発しあって磁束の漏れを発生する。この磁束の漏れの強さを再生ヘッドと呼ばれる装置が信号として検出することで記録の再生を行っている。ところがこの記録方式では同じ極が反発しあって不安定なため、磁化の境目がはっきりし

— 横から縦へ —

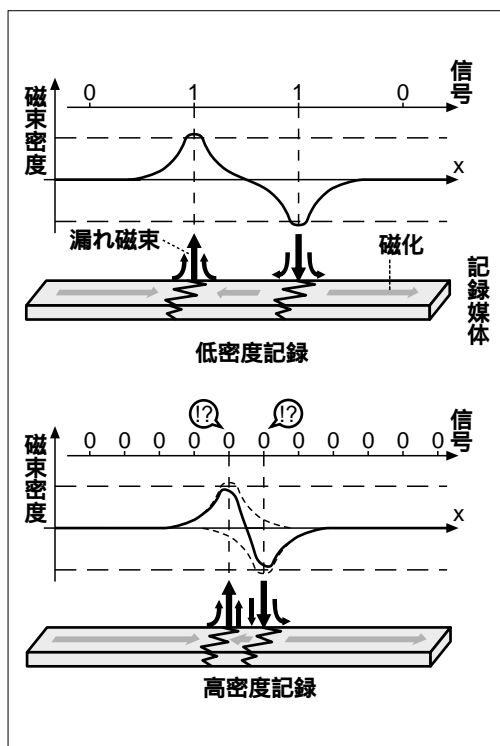


図1 面内磁気記録方式

ない状態になっている。このため境目から漏れる磁束の強さはなだらかに変化する（図1上）。すると記録が低密度の時は問題ないが、高密度の時は隣り合う磁束の漏れが相互に影響を及ぼし合ってしまう（図1下）。この結果読み取るべき磁束の強さが弱まり、信号として検出できなくなってしまうのだ。

そのような中、数年前東北大の教授から記録を高密度にしてもはっきりと信号を読みとれる新しい記録方式が提案された。この記録方式は先程の面内磁気記録方式と異なり、膜面に垂直な方向に磁化が記録されることから垂直磁気記録方式と呼ばれる。この方式では磁束が磁化の境目以外の場所で発生しているの、再生ヘッドが磁束の強さではなく、磁束の向きが反転する部分を信号として検出するようになっている（図2）。ここで特筆すべき点は、隣り合った磁化が反発せず安定であるため、記録が高密度化された時にも信号が検出できるということだ。現在、中川先生を含めた多くの研究者達によって、更なる記録の高密度化が可能な垂直磁気記録方式の研究が進められているのである。

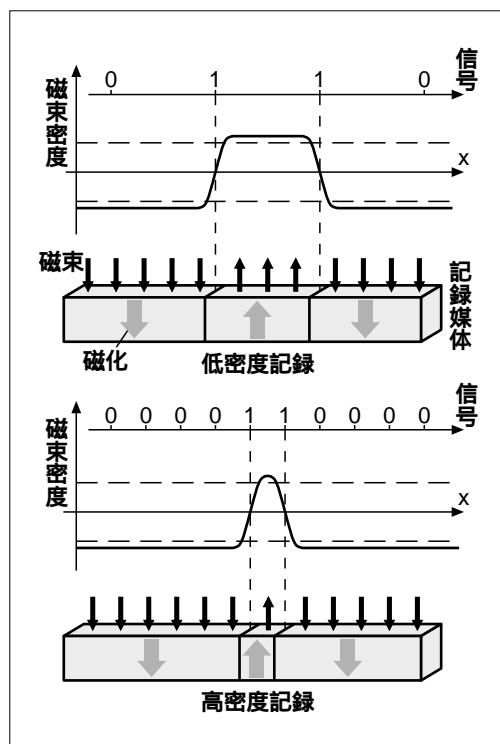


図2 垂直磁気記録方式



身近なものが理想の材料に

面内磁気記録方式で記録の高密度化を図るには限界が予想されているにも関わらず、垂直磁気記録方式についての研究は近年までほとんど行われていなかった。この最も大きな原因として、記録媒体として適切な薄膜が存在しなかったことが挙げられる。今まで用いられてきた薄膜は膜面に平行な方向に磁化されるという性質が非常に強く、



バリウムフェライト

垂直方向に磁化を記録することができなかったのである。

そのような中で、中川先生は垂直磁気記録媒体として、一般的な磁石の素材であるバリウムフェライトに着目した。バリウムフェライトの結晶を規則正しく配置した膜は、膜面に対して垂直な方向に磁化される性質が非常に強いことを発見したのだ。

バリウムフェライトの薄膜を用いることで生まれる利点はまだある。まず、バリウムフェライトはバリウム・鉄・酸素という手に入れやすい元素で構成されているため、非常に安価で作ることができるのだ。記録媒体の実用化にあたって、工業的な視点から見た時材料が安価で生産できることは有利である。他にも、バリウムフェライトの薄膜は摩擦に強いことが挙げられる。これは、垂直磁気記録方式を用いる際に重要な意味を持っている。垂直磁気記録方式には記録媒体から発生する磁束が弱いという欠点があるため、これを読みと

るには再生ヘッドを記録媒体に近づけなければならない。しかし、再生ヘッドが記録媒体に接触してしまうとデータが破損してしまう恐れがある。バリウムフェライトの薄膜を用いれば、摩擦に強いという性質からデータが壊れる危険性をかなり

抑えることができるのだ。中川研究室では垂直磁気記録媒体として他にも様々な物質を研究しているが、今挙げた利点から、現在ではバリウムフェライトの薄膜が有力な候補であろう、と先生は考えている。



どうやって薄膜を作成するか？

バリウムフェライトの薄膜が垂直磁気記録方式に適した記録媒体であることは分かった。だがここで一つ、大きな問題があった。従来の薄膜作成法は結晶を規則正しく配置する精度が低く、垂直に磁化されるという性質をうまく引き出せなかったのだ。従来は材料を真空中で加熱して気化させ基板に付着させるという方法を用いていた。この方法では、バリウムフェライトのような複数の元素からなる材料の場合、各成分の沸点に差が生じるため、その結晶構造が崩れてしまうという問題を抱えていたのである。

そこで注目されたのが、熱エネルギーではなく運動エネルギーを用いて基板に材料を付着させる薄膜作成法であるスパッタ法だ。その原理を見てみよう（図3）。まず作りたい膜の材料となる物質をターゲットと呼び、これをマイナス極にして固定する。そこに作りたい膜と混じらないような希ガスのプラスイオンを勢いよくぶつけると、材料を構成する粒子が飛び散ることになる。スパッタとは「飛び散る」という意味を持ち、スパッタ法という名前はこのように薄膜とする材料から粒子を飛び散らせるという過程に由来している。この飛び散った粒子が基板に付着することで膜ができるというわけだ。プラスイオンは、極板間にア

ルゴンガスを注入し、気体が電離した状態であるプラズマにすることで発生させる。電離したアルゴンイオンはプラスの電荷を持つため、マイナス極付近の電界から力を受けてターゲットにぶつかるのである。

だが、スパッタ法はプラス極の所に基板を配置しているため、ターゲットからはじき出された粒子だけでなくターゲット表面で発生したマイナスイオンも基板にぶつかってくる。このためせっかくきちんとできていた薄膜の結晶構造が壊れてしまうという問題がある。また、基板がプラズマの中にあることが基板の温度を上昇させて薄膜の生成に影響を及ぼしているという問題もあった。規則正しい結晶構造を持つバリウムフェライトの薄膜を得るためには、このスパッタ法を改良する必要があるのだ。

中川先生はこれらの問題を対向ターゲット式スパッタ法という薄膜作成法を用いることで見事に解決してみせた。対向ターゲット式スパッタ法は、中川研究室の前身である直江・中川研究室の教授で、現在は退官された直江正彦先生が開発した新しいスパッタ法である。

対向ターゲット式スパッタ法の基本的な考え方は、規則正しい結晶構造の膜の作成を妨げるプラズマやマイナスイオンを基板に近づけさせずに薄膜を作ることだ（図4）。このための改良点としては、大きく二つ挙げられる。まず一つは、向かい合わせた二つのターゲットの背後に磁石を取り付け、ターゲット間に磁界を発生させたことだ。こうすることで、プラズマが拡散してしまうという問題を解決したのである。この磁界により、ターゲット間を運動する粒子のうち、電荷を持つものにはローレンツ力が働く。その中でもイオンに比べて質量の小さい電子は磁界内をらせん運動するようになる。また、プラズマ中はプラスとマイナスの電荷が常に等量存在するという性質があ

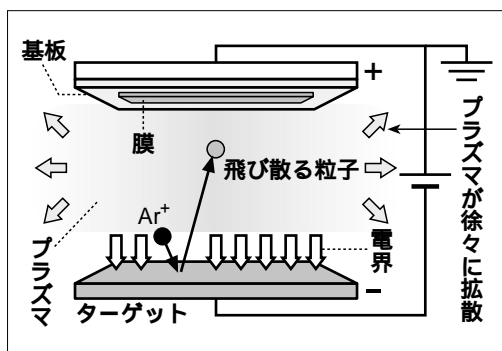


図3 従来のスパッタ法

る。このため、プラズマの成分の片方である電子さえターゲット間に閉じこめることができれば、プラズマが拡散するのを防ぐことができるというわけだ。もう一つの改良点は、ターゲットの周りにプラス極にしたシールドプレートと呼ばれるものを配置したことである。マイナスイオンがターゲット間からはみ出して基板に飛んでいこうとした時は、このシールドプレートに引き寄せられるようになるという仕組みになっている。以上のような改良点を施した上で、ターゲット間の外側に基板を配置すれば、ターゲットからはじき出された粒子のみが基板に付着し薄膜の作成を行うことができるというわけである。

中川先生は、この装置を用いれば現在のところ世界で最も綺麗な薄膜を作れるとまでおっしゃっている。そしてこの言葉を裏付けるように、この技術を適用したことで求められていた垂直磁気記録媒体に使える薄膜が実現できたのだ。しかし、このことが直接「超高密度磁気記録技術の達成」というテーマの実現へと繋がるわけではない。越えるべきハードルはまだ残されている。例を二つ

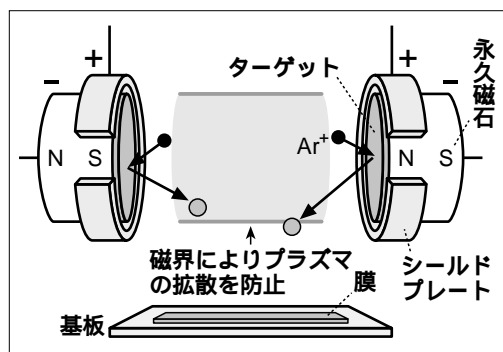
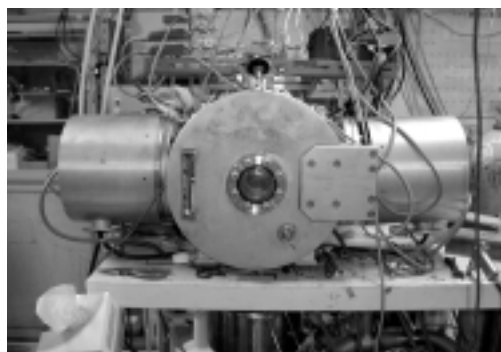


図4 対向ターゲット式スパッタ法

ほど挙げると、一つは再生ヘッドが記録を読みとる際に、正確な記録の再生を妨害するノイズが発生しているという問題。もう一つは、記録媒体から発生する磁束が弱いことに伴い、高感度な再生ヘッドの開発が必要不可欠であるといった問題である。その上これらの問題を解決し、テーマを実現させたとしても、更なる記録の高密度化が求められるはずだ。「超高密度磁気記録技術の達成」とは果てしなく続く険しい道なのである。

だが一方で、この道の途中で得られるものはとても大きい。例えば、対向ターゲット式スパッタ法を更に改良し応用することで、導線のような立体的な物質の周りにも綺麗な薄膜の作成ができるようになるという。対向ターゲット式スパッタ法は、まだ世間一般に広く実用化されているというわけではないものの、現在少しずつ企業にその良さが理解されつつあるという話である。大きなテーマの実現を目指して行われている中川先生の研究の一つ一つが、世の中に多大な影響を与えるようになるのもそう遠い日のことではないだろう。中川研究室の更なる躍進に期待したい。



対向ターゲット式スパッタ法の装置

ここまで述べてきたように、中川先生の研究範囲は広い。その視点は現在だけにとどまらない。例えば、本文では取り上げることができなかったが、中川先生は磁気特性を利用した大容量のメモリ素子の開発も行っている。これは、垂直磁気記録方式が実現された後の、未来を見据えた研究である。磁気記録が発達した更にその後までを考

慮に入れて行われる研究には、感心するばかりである。

最後になりましたが、お忙しいところ度重なる質問に快く応えて下さった中川先生に感謝の意を示したいと思います。ありがとうございました。

(市屋 剛)