

随想

研究テーマの移り変わり ～軟磁性薄膜を中心に～

神保睦子*



磁性材料との出会いは、名古屋大学の内山研究室に所属した時から始まる。その頃は、アモルファス材料の研究が活発で、研究室では磁気バブルや光磁気記録用の希土類-Fe、希土類-Co アモルファス膜や薄膜磁気ヘッド、トランスなどに応用が考えられたFe、Co系アモルファス軟磁性膜の研究を行っていた。その中で、私はメタル-メタロイド系のCoFeBやFeB薄膜の磁区構造を観察することから始め、異方性分散の測定なども行った。試料を作製するスパッタ装置の台数が限られていたので、試料作りはなかなか順番が回ってこず、磁区観察に使用する磁性コロイドの手作りから始め、これだけで数か月が過ぎた。図1に示した顕微鏡写真から磁区が観察されていると分かるまでも、なかなか時間がかかった。研究スピードの速い昨今と比較すると、大変のんびりしていた時代である。異方性分散の測定装置も、しばらく使っていなかった古い装置をメンテナンスして使用した。今から思うと、「研究室ではあまり期待されていなかった」ような気がしてきた。

その後、軟磁性薄膜の分野では、少量の添加物でアモルファス化するために高飽和磁束密度（以下、高Bsという）を維持でき、結晶化温度の高いメタル-メタル系アモルファス膜へと研究が移った。磁気ヘッド材料として実用化されたのはCoNbZr膜で、TVコマーシャルでもCo系のアモルファス磁気ヘッドと宣伝されていた。

その後、HDDの磁気記録密度の高密度化

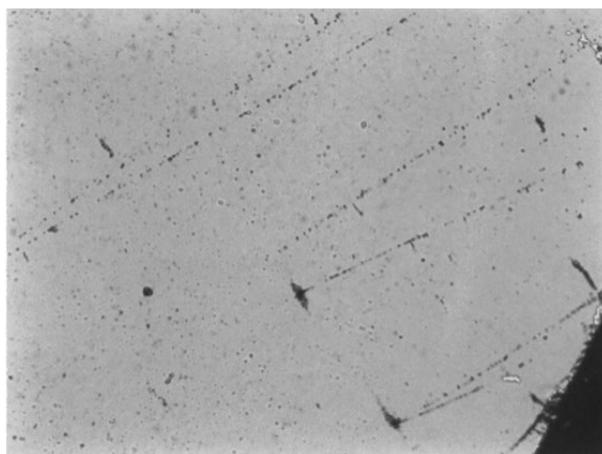
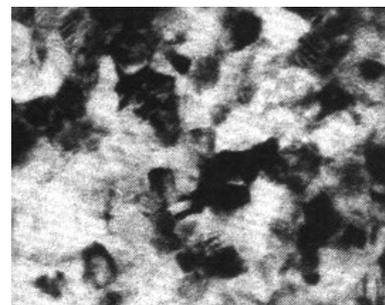


図1. ビッター法による磁区観察写真。



(a) Fe/Co 膜



(b) Fe/CoZr 膜

図2. 450 °C熱処理後のFe/Co膜とFe/Co_{98.7}Zr_{1.3}膜のTEM写真。

* 大同大学 学長

にともない、さらに高Bsの軟磁性薄膜が要求され、Fe系の微結晶膜へと移っていった。Feを主体とした薄膜は、結晶磁気異方性のため低保磁力にはなりにくい。そこで、HfやTaなど高融点の金属を添加したり、Feと他の材料を積層することにより、Feの結晶粒の成長を抑制して低保磁力を得た材料である。

この時に主に取り組んだのは、CoZrとFeを積層し高Bsを維持したままソフト材料にするということである。この研究では、図2のようにCoとFeの積層膜では、すぐに合金の結晶粒が成長するが、CoにZrを1.3at%添加することでFeの結晶粒の成長が抑制され、高温の熱処理後でも低保磁力が維持された。

その後、GMR（巨大磁気抵抗効果）の発見とともに、軟磁性薄膜の研究者の多くはGMRの研究に移っていった。GMRとは、磁性の起源であるスピンを区別して制御できることを明らかにした現象である。そして、「スピン依存散乱」という言葉が生まれ、図3に示すように磁性層の磁化の向きが異なることにより電気抵抗が変化する。初めの頃は、応用的観点よりも物理的観点からの研究が進められていたが、低磁界化の可能性が報告されてからは、企業も含めて猛烈な勢いで研究開発が進められた。学術講演会や研究会のセッションは、会場から人があふれ非常な熱気だった。

GMRの低磁界化ということでは、軟磁性材料の代表であるNiFeを使った研究が多く行われた。その後、軟磁性材料ということで、アモルファス軟磁性膜が試みられたが、なかなか良い結果は報告されなかった。我々のグループも、初めは結晶化温度の高いメタル-メタル系アモルファス膜を使って実験を行ったが、電気抵抗の変化が得られるような気配は全くなかった。そのとき、古い文献を読み直しているところで、メタル-メタロイド系のアモルファス膜を思い出した。試料を作製し、MRの測定を行ったが電気抵抗の変化はほぼゼロであった。しかし、その結果がメタル-メタル系と少し違うような感じがしたのは、経験かもしれない。そのうち数%の電気抵抗の変化が得られ、結晶質の軟磁性材料を使うよりも感度が良いことも明らかにすることができた。

この後、TMR（トンネル型磁気抵抗効果）やMgOを使ったコヒーレントトンネリングが活発となった。しかし、これらの研究には、数百nmの微細加工が必要となり、EBリソなどの装置を持たないところでは、研究を続けるのは厳しい状態となった。そのため、最先端の研究装置を持つところが中心となったスピントロニクス分野の研究が活発となり、現在に続いている。

一方、ハード材料である強力磁石の研究開発は1900年頃から始まって成熟した研究分野となり、大学に所属する研究者は次第に少なくなっていた。しかし、「ハイブリッド車」「電気自動車」の台頭で、モーターに使われる磁石の研究が活発化し、磁石の研究開発に多くの研究者が参加している。残念ながら軟磁性薄膜の研究は風前の灯火である。

近年は、多くの大学で年間の研究費が減少し、外部資金の獲得を奨励する状況にある。外部研究費は、応用と密接に関与していないと獲得が困難な傾向があり、そのため流行の研究テーマに多くの研究者が参加することになる。また、材料研究は、装置や材料費に費用がかかることから研究を続けていくのが難しく、PCで行えるような研究分野にシフトしていく傾向もある。日本全体の研究レベルを挙げるには、裾野の広がりが必要であると感じる。最近の研究動向を見ていると、世界と競争できるところは必要であるが、裾野の広いピラミッドが形成されてこそ、研究レベルの上昇が得られるのではないかと思う。流行にあまり左右されない小さなひらめきから新たな発見が得られることを期待したい。

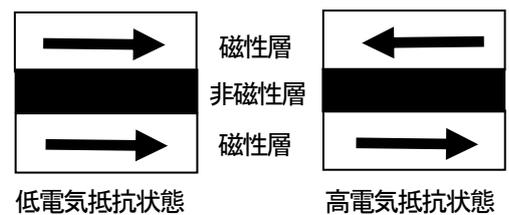


図3. GMR（巨大磁気抵抗効果）。

(October 16, 2017)