技術資料

磁気記録媒体ならびに磁気ヘッド用の磁性合金

阿部 有道*

Magnetic Materials for Magnetic Recording Media and Magnetic Head.

Yudo Abe

Synopsis

In the recent trend toward high density magnetic recording, magnetic materials used in magnetic recording equipment such as audio tape recorder, VTR, magnetic card device are being replaced by new materials of higher magnetic coercive force. Correspondingly, increasing number of magnetic heads are made of magnetic materials with abrasion resistance or higher magnetic flux density. As for hard magnetic disks for computers, which are required to have higher recording density to meet the trend toward smaller machine size, use of thin film medium with magnet layer formed by plating or sputtering is increasing. In floppy disks used in personal computers and word processors on the other hand, perpendicular magnetic recording medium of Co-Cr with higher magnetic coercive force has been introduced. It is expected that thin film head and perpendicular magnetic head will soon be predominant in the field of magnetic head.

1. ま え が き

磁気記録技術の応用分野は非常に広く、テープレコーダー、VTRなどの民生用から、情報機器用および各種計測用などのあらゆる分野にわたっており、今日の情報化社会で生活している我々にとって必須なものとなっている。

この磁気記録にとって、磁気記録媒体と磁気ヘッドは欠くことのできないものであり、両者はまさに車の両輪の関係にあり互いにその技術を向上させながら今日の目覚ましい磁気記録技術の発展の

原動力となってきた。

これまでの磁気記録技術発展の過程をみると高記録密度化を目指して、まず高保磁力の磁気記録媒体が開発され、その媒体に忠実な記録を可能とする磁気ヘッドの開発を促進してきた。

現在、磁気記録技術はさらに高密度記録に向けて進んでおり、記録波長は磁気記録の限界にまで近づいている。

そして、記録媒体はこれ迄の針状酸化鉄(γ - Fe_2O_3)の塗布型テープから、メタル磁性粉の塗布型あるいは蒸着やスパッタリングで磁性層を成膜する媒体へと移行しており、薄膜ヘッド、垂直磁化用の新しい磁気ヘッドなどがそれに対応して導入されようとしている。

昭和60年4月20日 受付

*東北特殊鋼鉄研究開発部

第1表 磁気記録媒体用磁性材料

	Hc (Oe)	Br (G)	磁気ヘッド材料
γ -Fe ₂ O ₃	200~ 400	1 200~1 500	パーマロイ
CrO ₂	500~ 700	1 500~1 600	高硬度パーマロイ フェライト
(Co) γ -Fe ₂ O ₃	600~ 700	1 400~1 700	
メ タ ル	1 000~1 400	2 500~3 500	高 Bs パーマロイ センダスト, アモルファス
蒸 着 (Co-Ni)	800~1 000	11 000	フェライト
BaO・6Fe ₂ O ₃	1 500~3 000		センダスト アモルファス

本文では、磁気記録媒体、磁気ヘッドにとって重要な磁性材料が、磁気記録技術の進歩とともにどのように変遷してきたか、また将来はどうか、などについて概説する。

2. オーディオテープレコーダー

磁気記録は今から85年前、鋼線に録音を試みたのが最初であるから、まさにその歴史はオーディオで幕が開けられたことになる。この間技術は飛躍的に進歩し、今日の各種オーディオ機器にみられるような高音質と小型軽量化などを実現することにより、著しくその普及率を高めた。この磁気記録媒体に使用されている磁性材料には、第1表のような種類があるが、高記録密度化とともに高保磁力の材料へと移行し、それに伴って磁気ヘッドのコア材料も変化してきた。

すなわち、CrO₂テープに対しては磁気ヘッドが摩耗する問題が生じたために、通常のパーマロイ合金から Mn-Zn フェライトやまた Nb などを含む高硬度のパーマロイ（ハードパーム）などの耐摩耗性のある材料への切替えが行われていった。さらに、高保磁力のメタルテープが開発されると、フェライトや高硬度パーマロイなどの磁束密度の低い材料では十分に記録できにくくなり、かわって高磁束密度のパーマロイや、Fe-Si-Al 合金、Co 基のアモルファス合金が使用されるようになった。

ところで、オーディオ分野の記録方式にもデジタル式の採用が検討され、現在デジタルオーディオテープレコーダー（DAT）の商品化が図ら

れている。この場合の磁気記録媒体には (Co) γ -Fe₂O₃、メタル粉、Co-Ni 合金の蒸着、あるいは BaO・6Fe₂O₃などが対象となっており、これに対応した磁気ヘッドとして薄膜ヘッドが開発されている。薄膜磁気ヘッドは、第1図に示すように、半導体集積回路の製造と同じ工程で作られている。すなわち、薄膜ヘッドの磁心部はメッキ、蒸

第1図 集積ヘッドの製造工程例
(横山：磁気記録最新技術と装置・機器IX章)

着、あるいはスパッタリングなどで成膜されたパーマロイの磁性層から成り、従来の磁気ヘッドに使用されていたようなバルクの磁性材料を必要としない。また、磁性材料を全く必要としない光記録方式のコンパクトディスク（CD）が開発され、再生用として普及している。さらには書替可能な光ディスクの開発にも成功しており、これらの新しい技術は磁気記録方式を脅かす存在となりつつある。

このような、DAT や CD が普及してくると、ひいてはこれ迄オーディオ分野の急速な成長に伴って生産数量を拡大してきた磁性材料に影響が及ぶことは必至であり、つまり今後は以前のような伸びを期待することは難しくなるものと考えられる。

3. VTR

VTR の研究開発がスタートしたのは、今から約30年前のことであるが、現在わが国における生産は全世界の93%を占め、生産金額は2兆円にも達している。

このような VTR の著しい発展の原動力となったのは、やはり記録媒体や磁気ヘッドの進歩である。

記録媒体用の磁性材料はオーディオテープの場合と同じであるが、とくに8ミリ VTR の開発と同時に前述のメタルテープ（MP）や蒸着テープ（ME）の開発が活発となった。

MP テープに使用する磁性粉は、針状形状の酸化鉄粒から水素ガスによる還元法で製造されている。そして、この金属粉が高保磁力となる機構には粒子の形状異方性が寄与している。現在、多くのメーカーがこの分野への参入を図っているが、8ミリ VTR テープ1巻（120分録画）当りの使用量は7～10g と少なく、またテープメーカーの生産設備からの試算によると、業界の市場規模は50トン/月弱と意外に小さい。

ME テープは、80Co-20Ni 合金をプラスチックフィルム上に0.1 μ mの厚さに蒸着したもので、MP テープに比べて高画質が得られるという特徴を有している。その製造技術の基礎となっているのは、Fe, Co など知られている斜方蒸着法である。これは、基板に対し高入射角で蒸着する程、保磁力が大きくなるという現象を利用するもので

第2図 連続真空蒸着装置の概要図
(雨宮：工業レアメタル No.85 1984)

あり、その保磁力の大きさは蒸着された金属の柱状晶の形状と密接な関係にある。工業的には、第2図に示した連続真空蒸着装置で製造しているが、保磁力は遮蔽板で決定される最小入射角によって決定されている。

開発当初は、耐食性が問題になり、Co-Ni 合金の耐食性を改善するために Cr, Cu, Sn, P, Ru などの元素を添加した特許が数多く提案されたが、まだ実用化には至っていないようである。また ME テープを製造する際には、蒸着用の母材は電子ビームにより急速に溶解されるので、蒸着用母材の製造方法によっては母材からガスが発生し、蒸着テープの中にピンホールを生じさせたり、はなはだしい場合には突沸するなどの問題が起きている。これを防止するために母材に含まれる C, Al, Ti, Zr 等の不純物を0.05%以下に低減した特許、あるいは電子ビーム溶解により母材を製造する方法などが検討されているが、まだ目的は達成されていない。

以上のように ME テープにはまだ解決しなければならない問題が残されているので、8ミリ VTR 用には現在のところ MP テープが使われている。しかし、高密度化が進み記録波長が短くなる程、ME テープの優位性は大きくなっていくので、8ミリ VTR 用の本命として、あるいは次世

第2表 磁気ヘッド用磁性材料

	主 成 分	μ_i	Hc (Oe)	B ₁₀ (G)
パーマロイ	78Ni-Fe, Mo, Cu	50 000	0.01	7 000
高硬度パーマロイ	78Ni-Fe, Nb, Mo	100 000	0.003	5 500
高 Bs パーマロイ	78Ni-Fe, Nb	30 000	0.02	8 000
センダスト	Fe-9.5Si-5.5Al	30 000	0.02	10 000
アモルファス	Fe _{4.7} Co _{75.3} Si ₄ B _{1.6}	30 000	0.001	11 000
焼結フェライト (オーディオ)	MnO・ZnO・Fe ₂ O ₃	8 000	0.04	5 000
単結晶フェライト (ビデオ)	MnO・ZnO・Fe ₂ O ₃	1 000	0.2	3 500

代の高品位テレビに対応した高品位 VTR、ディジタル VTR などの記録媒体用として精力的な研究が続けられている。

一方、映像用の磁気ヘッドには Mn-Zn フェライトが使用され、また音声・コントロール用にはセンダストが使用されていたが、最近ではほとんどが高硬度パーマロイに切替っている。

8 ミリ VTR の場合には、映像用と音声用とは同一の磁気ヘッドとなり、ME に対してはフェライト、MP に対しては磁束密度の高いセンダスト・アモルファス等の合金を用いた薄膜積層型ヘッドが開発されている。

以上のように、記録媒体磁性層の薄層化、磁気ヘッドの薄膜化などに伴って、それらに使用される磁性材料の数量は減少の方向にある。

しかし、蒸着、或はスパッタリングなどの製造技術はまだ開発からの日が浅く、その母材に要求される仕様についても明らかでない点が多い。したがって今後この分野における材料研究は非常に重要になってくるであろう。

4. 磁気カード装置

磁気カードの利用分野は第3表に示すように非常に多岐に涉っている。

磁気カード用には、 γ -Fe₂O₃、(Co) γ -Fe₂O₃などの磁性材料が使用されている。しかし、永久磁石を用いた製品一例えばハンドバックの止金一の普及に伴って磁気カードに記録した情報が消去されてしまうという事故が起きるようになり、一部

第3表 磁気カード用途例

分 野	カードの種類
金融・流通	キャッシュカード
	クレジットカード
	給油カード
交 通	高速道路通行券
	磁気乗車券
	駐車整理券
通 信	テレホンカード
事 務 管 理	診療カード

では高保磁力の BaO・6Fe₂O₃が実用化されるようになった。

磁気カード装置は環境の悪い屋外などで使用されることが多いので、磁気ヘッドの摩耗が問題となる。したがって、磁気ヘッドのコアー材料にはセンダストを用いることが多いが、環境の良い事務室、あるいは使用頻度の少ないシステム用にはパーマロイが使われている。

センダストは、非常に優れた磁気特性と耐摩耗性を有しているので、磁気ヘッド用には最適な材料であるが、塑性加工は不可能とされ鑄造材料を用いていた。

優れた磁気特性のセンダストを安定して製造するためには、Si, Al などの成分範囲を厳しくコントロールしなければならない。しかし、鑄造材では、磁気特性のバラツキの原因となる成分偏析を

第3図 MPMA 分析の比較

第4表 磁気ディスク用磁性材料

	膜厚 (μm)	Hc (Oe)	Br (G)	備 考
Co-Ni-P	<0.1	500~1 000	>7 000	メッキ
Co-Ni	0.1	1 000	6 000	スパッタリング
Co-Cr	0.6	500	500 (emu/cm ³)	スパッタリング

無くすることは不可能であり、また微小なピンホールなどの鑄造欠陥を起点とするチップング、発錆なども大きな問題であった。したがってこれまで、第三元素の添加などにより結晶粒の微細化や耐食性の改良などが図られてきたが、それは磁束密度を低下させてセンダストの特徴を失わせることになり、また成型加工性を低下させるなどの原因となっていた。しかし、東北大学の和泉研究室においてこの合金の塑性加工に関する基礎的研究から、センダストは熱間加工が可能であることが見出された。塑性加工を施した Fe-Si-Al 合金は K マックスと称されているが、第3図に示すように、Si, Al は非常に均一に分布しており、鑄造材のような成分偏析は認められない。したがって素材特性のパラッキに基因していた磁気ヘッドの特性変動は軽減され、ミクロ的な欠陥も皆無であるので成形加工性は良好で成形加工後の製品歩留も向上する。さらに、耐錆性は Cr などの耐錆性向上元素を含有させなくとも、実用上支障のないレベルにまで改良されるので、高磁束密度であるという特徴は維持されている。

磁気カードの利用分野のなかで、今後大きな期

待が寄せられているのは、磁気カード式の公衆電話と高速道路料金収受システムである。前者の磁気ヘッドはセンダストであり、また後者の場合には磁気カードに高保磁力の $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ が検討されているので、やはりセンダストヘッドが採用されるものと考えられる。

以上のように、磁気カードの利用は今後益々普及するであろうし、また媒体はより高保磁力なものへと移行する。したがって耐摩・耐錆性にすぐれ、しかもより高磁束密度を有する磁気ヘッド材料が必要になってくるであろう。その場合センダスト合金も適材であるが、鑄造材では実現不可能な高信頼性を有している K マックスは、より好適な材料といえる。

5. 磁気ディスク・電算機用磁気テープ装置

5.1 磁気ディスク

電算機のファイル装置の主流は固定磁気ディスクに移行しており、記録媒体には当初より $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が用いられていた。しかし最近、高記録密度の小型装置用として第4表に示すようなメッキ、スパッタリングで磁性層を形成した薄膜媒体を使用する動きが活発になってきた。

スパッタリングによる Co-Ni 媒体の製法には、窒素分圧 $1.2 \sim 1.7 \times 10^{-2} \text{ Torr}$ とした Ar+N₂ 混合ガス中で成膜した後、280℃の温度で時効処理することにより、窒化物を析出させて保磁力を増大する方法も開発されている。この方法により製造した5.25インチの固定ディスクが今年中には商品化されようとしている。

一方、パーソナルコンピュータやワードプロセッサなどの補助記憶装置として欠くことのできないフロッピーディスクに使用される媒体にも、これまで固定ディスクと同じ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が使用されていた。しかし、現在、より高い保磁力を持った、より薄い磁性膜への移行が着実に進みつつある。すなわち、Co-Cr の垂直磁気記録媒体がそれであるが、すでに各社で基本技術は確立しているといわれており、来秋には3.5インチディスクのサンプル出荷を計画しているメーカーも出ている。

磁気ヘッドには、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の媒体に対しては Mn-Zn や Ni-Zn フェライトが使用されてきたが、これからは薄膜ヘッドや垂直磁気記録用ヘッドが主流になってくるであろう。

5.2 磁気テープ装置

小型固定磁気ディスク装置が逐次大容量化するにつれて、そのバックアップ用としての磁気テープ装置の役割が重要になってきている。このバックアップ装置には、処理時間の短縮、低価格、小型軽量など要求されている。

しかし、標準型磁気テープ装置ではこの要求に応ずることができず、 $\frac{1}{4}$ インチカートリッジテープや、或はテープを高速で連続走行させながらデータの書き込み、読み出しをする方式のストリーミング磁気テープ装置が広く使われるようになってきた。

磁気テープは、信頼性が重視される分野であるのでオーディオ、ビデオの分野のように大きな変

第4図 磁気ヘッドの構造
(野口：磁気記録最新技術と装置・機器Ⅲ章)

化はなく、当初より $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の使用が続いている。

磁気ヘッドの構造は第4図のようにトラック数が多く複雑であるのでコア材料には、組立加工の容易な高硬度パーマロイが用いられている。

磁性材料に関しては余り大きな変化のなかったこの分野にも今、CrO₂テープと薄膜ヘッドを採用したシステムの開発が報じられており、高記録密度化への兆しが見えてきた。

6. あ と が き

本文では触れなかったが、TbFeCoなどの希土類・遷移金属合金のアモルファス薄膜を記録媒体とする光磁気記録技術の研究も活発である。しかし、この薄膜形成に用いられるターゲット合金の製造技術はまだ確立されていない。

薄膜媒体や薄膜ヘッドなどの新しい技術は華やかに脚光を浴びているが、それらを支えている磁性材料の製法などについての研究は十分とはいえない。今後、材料メーカーとして地道な研究を続けて行かなければならない分野である。