磁気ヘッド用アモルファス合金の開発

河本 修¹⁾ 藤島 広毅²⁾ 隅谷 真二³⁾
糸 雅宏⁴⁾ 尾島 輝彦⁵⁾

1. はじめに

磁気ヘッド材料は、従来、結晶質のパーマロイ・Fe-Si-Al合金(9.6 wt% Si-5.5 wt% Al-bal Fe)・フェライトが用いられてきたが、磁気記録媒体の高保磁力化に伴いより高飽和磁束密度で高透磁率、さらに透磁率の周波数特性も良い材料が求められてきた。そこで、アモルファス合金の軟磁気特性が1973年に $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$ 合金などについて発表された後、著者らはアモルファス合金の磁気ヘッドへの応用に着目し実用化に向けて取り組んだ。1979年にはオーディオ用の試作ヘッド(4TR2CH)の特性を発表し⁽¹⁾、1980年には世界で最初にオーディオヘッドを商品化した。

磁気ヘッド材料に要求される特性は、単に磁気特性だけではなく、加工上・使用状況の点からもありそれらをまとめると、①飽和磁束密度が大きい、②初透磁率が大きく、その周波数特性も良い、③耐摩耗性及耐食性が優れている、④応力による透磁率の劣化が少ない、⑤コアを造るための加工性が良く扱いやすい、などがある。これらの点でアモルファス合金は優れており、いくつかの困難な点はあったもののそれらは技術的に解決され、磁気ヘッド用の実用材料になり得た。

2. 開発の経過

(1) 零磁歪(Fe, Co)-(Si, B)合金の磁気特性

軟磁気特性を有するアモルファス合金系の中で磁気ヘッドに適している合金は、1975年に東北大学の藤森らによって見出された零磁歪 $\text{Fe}_5\text{Co}_{70}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ 合金⁽²⁾を拡張した系である。著者らはこの合金を含む広い組成範囲で磁気特性を詳細に調べ、合金組成を $(\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x})_{100-y}(\text{Si}_z\text{B}_{1-z})_y$ と表現したとき、零磁歪組成の x と y の関係は $x = 0.09 - 0.0011y$ でなければならないことなどを見出した⁽³⁾。図1にSi/(Si+B)=0.4合金系についてメタロイド量(y)をパラメータとしたときの、飽和磁束

密度(B_s)、結晶化温度(T_x)、キュリー温度(T_c)を示してある⁽³⁾⁽⁴⁾。この組成範囲では、メタロイド量を30から20に減少させると、 B_s は6 kGから11 kGへと増加し、 T_c は230°Cから600°Cへと増加する。一方、

図1 零磁歪 $(\text{Fe, Co})_{100-y}(\text{Si}_{0.4}\text{B}_{0.6})_y$ 合金の飽和磁束密度(B_s)・結晶化温度(T_x)・キュリー温度(T_c)。

T_x は570°Cから410°Cへと減少する。アモルファス合金の透磁率は急冷状態では低いので、 T_c 以上でかつ T_x 以下の温度での熱処理が必要である。この熱処理を行うには、 $T_x > T_c$ でなければならず、図1から高透磁率をもつ高飽和磁束密度材料の最大の B_s はほぼ9 kGに制限される。 B_s が9 kGである合金 $(\text{Fe, Co})_{75}(\text{Si}_{0.4}\text{B}_{0.6})_{25}$ は、熱処理を最適温度で施すことで、 $H_c = 6 \text{ mOe}$, $\mu(1 \text{ kHz} \cdot 1 \text{ mOe}) = 10000$ が得られている⁽⁵⁾。高透磁率を得るには零磁歪にすることが必要であるが、磁歪は組成のみでは決まらず熱処理によっても変ることを著者らは見出した。図2にこの結果を示す⁽⁵⁾。熱処理によって零磁歪組成のFe量は一度減少してから増加する。

また、高い B_s の合金($T_c > T_x$)に対しては、 T_c 以下の温度で熱処理しなければならないので、同時に磁界を印加しなければならない。図3には、静磁界中で熱処理をした $(\text{Fe, Co})_{78}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{22}$ 合金の B - H ループを示す⁽⁶⁾。この合金の特性は、 $B_s = 10.1 \text{ kG}$, $T_c = 510^\circ\text{C}$, $T_x = 440^\circ\text{C}$ である。400°Cでの静磁界中熱処理後のループ(b)は、急冷状態のループ(a)に比べ H_c は小さく、 B_r の値が大きくなっている。この合金の透磁率は高そ

* TDK 株式会社開発研究所

1) 研究主任 2) リーダー(現:ヘッド事業部技術部管理技術係係長) 3) 研究員(現:ヘッド事業部技術部係長)
4) 研究員(現:ヘッド事業部営業促進課) 5) 部長(現:マグネット事業部品質保証部部長)
Development of Amorphous Alloys for Magnetic Head; O.Kohmoto, H.Fujishima, S.Sumiya, H.Itoga, T.Ojima (TDK Co., Ltd.)
1988年1月29日受理

図2 $(\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x})_{75}(\text{Si}_{0.4}\text{B}_{0.6})_{25}$ 合金の零磁歪の Fe 量 (x) の熱処理温度 (T_a) 依存性.

図3 磁界中熱処理による $(\text{Fe}, \text{Co})_{78}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{22}$ 合金の $B-H$ ループの変化. (a) 急冷状態, (b) 静磁界中熱処理後, (c) 回転磁界中熱処理後.

図4 磁界中熱処理による $(\text{Fe}, \text{Co})_{78}(\text{Si}_{0.5}\text{B}_{0.5})_{22}$ 合金の μ (1 kHz) の変化. (a) 急冷状態, (b) 静磁界中熱処理後, (c) 回転磁界中熱処理後.

うにみえるが 1 kHz, 1 mOe での透磁率 (μ_1) は急冷状態よりも減少し 500 しかない. この透磁率の減少を回避するために, 回転磁界中熱処理という方法を筆者らは開発

した⁽⁶⁾. この方法によると一軸異方性が誘導されないために B_r も増大せず, ループ (c) が得られる. その結果, 透磁率の改善がなされ, μ_1 の値は 10000 にもなっている. 透磁率の磁界強度依存性が磁界中熱処理により変化する様子を図 4 に示す. 最近の研究では, この熱処理をするには合金の Si/(Si+B) 比が 0.35 から 0.5 であることが好ましいことがわかった⁽⁷⁾. この回転磁界中熱処理法の開発により, 高い B_s をもつ合金の透磁率の改善が可能となり, 現在, この技術は VTR 録画用の MIG ヘッドなどに用いるアモルファス Co-Zr 系薄膜の透磁率の改善法としても, 広く用いられている.

(2) アモルファス合金薄帯の製造技術の確立

磁気ヘッドコア作製には長尺で幅の広い合金薄帯の作製が必要であり, 初めは双ロール法を用いたが⁽¹⁾, 量産性などの点から現在は片ロール法を用いている. この技術の重要な要素は, ①溶融金属を冷却ロールに均一に吹付けることと, そのための溶融金属の流れの制御, ②超急冷のための冷却ロールの材質, 表面性, 温度の管理, ③冷却ロールとノズルの位置制御, などである.

(3) 磁気ヘッド用合金

合金の磁気特性を明らかにし合金薄帯の製造技術を確認しつつ, $y = 25$ 付近の組成の合金 ($T_x > T_c$) で磁気ヘッドの試作を行なった. 量産性・加工性・耐摩耗性・耐食性などの点から組成の再検討が加えられ, 最終的な組成を決定した. この合金は $(\text{Fe}, \text{Co})-(\text{Si}, \text{B})$ 系に Ru, Cr を添加した組成である. この合金の磁気特性・物理特性を表 1 に示す. 代表的な磁気特性の値は, $B_{10} = 8.2$

表 1 磁気ヘッド用合金の諸特性

B_{10}	μ			H_c	T_c	T_x	H_v	ρ
	1 kHz	10 kHz	100 kHz					
8.2 kG	8000	7000	1500	20 mOe	420 °C	460 °C	1050	130 $\mu\Omega\text{cm}$

図5 各種ヘッドの耐摩耗試験結果によるヘッド摩耗(当社比). テープ: $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, テープ速度: 4.75 cm/s, 温度湿度: 25°C-60% RH.

kG, $\mu_1(1 \text{ kHz}, 1 \text{ mOe})=8000$ である. このアモルファス合金を用いた磁気ヘッドについて耐摩耗試験を行った結果を図 5 に示す. メタルテープよりも条件の厳しい $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ テープを用いたときの摩耗量は Fe-Si-Al 合金の約 60% と極めて優れていることがわかる.

3. 磁気ヘッドへの応用例

4TR4CH 録再兼用オーディオ・アモルファスヘッドを図 6 に示し, その電磁変換特性を図 7 に, Fe-Si-Al 合金ヘッドと比較してある. テープはメタル・テープである. 315 Hz の出力に着目するとバイアス電流は Fe-Si-Al 合金の約半分で十分であり, また, 材料自身の

高周波での透磁率の良いことが反映されて, 高域(14 kHz)の出力も高くなっている. したがって, アモルファスヘッドは省エネタイプのヘッドであり, また, メタルテープの性能を十分引き出し得る高性能のヘッドといえる.

図 8 に 1/2 インチ VTR 用 RPE ヘッドを示し, 特性を図 9 に示す. このヘッドもやはり低いバイアス電流での記録が可能で, 摺動ノイズが小さいという特徴をもっている.

以上のように, アモルファス合金を用いた磁気ヘッドは電磁変換特性・耐摩耗性などの点で優れている. また, 耐食性も優れている. これらのヘッドはコストの点で少し高いものの, 今後さらに普及していくものと考えられる.

図 6 オーディオ用 4TR4CH 録再ヘッド.

図 7 オーディオヘッドの電磁変換特性. テープ: メタルテープ, テープ速度: 4.75 cm/s.

図 8 1/2 インチ VTR 用ステレオ RPE ヘッド.

図 9 RPE ヘッド記録再生感度のバイアス特性.

4. 実績・特許

1980 年に 4TR2CH 録再兼用オーディオ・ヘッドを商品化し, 1/2 インチ VTR 用ステレオ RPE ヘッドなどに続いて, 最近では高保磁力の磁気カード用に B_s の高い合金を用いたデジタルヘッドも商品化した. 特許は磁気ヘッド関連で 54 件出願し, 5 件登録になっている.

文 献

- (1) 尾島輝彦ら: 日本応用磁気学会第 11 回研究会資料, (1979), 83.
- (2) 藤森啓安ら: 日本金属学会誌, 41(1977), 112.
- (3) O.Kohmoto *et al.*: J. Appl. Phys., 50(1979), 5054.
- (4) O.Kohmoto *et al.*: J. Appl. Phys., 52(1981), 928.
- (5) O.Kohmoto *et al.*: J. Appl. Phys., 51(1980), 4342.
- (6) O.Kohmoto *et al.*: IEEE Trans. Magn., MAG-16 (1980), 440.
- (7) O.Kohmoto *et al.*: Mat. Sci. Eng., (1988)(印刷中).