高周波対応 Fe 系-新ダブル積層ヘッド

New Double-Laminated Head with Fe-Based Alloy Film for High-Frequency Use

夏井昭長・武田裕美・坂口昌也・石田達朗・長谷川博幸・村岡俊作・高橋 健

松下電器産業(株) AVC 社 AVC 商品開発研究所, 門真市大字門真 1006 番地 (☎571-8501)

A. Natsui, H. Takeda, M. Sakaguchi, T. Ishida, H. Hasegawa, S. Muraoka, and K. Takahashi

AVC Products Development Laboratory, AVC Company, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.,
1006 Kadoma, Kadoma-shi, Osaka 571-8501

In a previously developed double-laminated Fe-based alloy film head, it is thought that local permeability deterioration around the magnetic gap causes disagreement between the actual output and the value estimated from the permeability observed in the solid film. Accordingly, a new double-laminated Fe-based alloy film was developed, making full use of the techniques of double lamination, anisotropy modulation control, and magnetostatic coupling. No severe deterioration of the film's permeability caused by its shape factor was observed. The bulk head using this film exhibited higher reproduction output in a wider frequency range without any frequency ripples, resulting in a 7 dB output improvement at 28 MHz over a conventional laminated head using Co-based amorphous alloy film.

Key words: new double-laminated head, Fe-based alloy film, high frequency, anisotropy control

1. はじめに

近年の VTR のデジタル化やコンピュータの大容量化に伴い、高転送速度化、高記録密度化が必要となり、高周波特性に優れた磁気ヘッドの開発が望まれてきた。

我々はこのような要求に対し、コア材として Co 系アモルファス膜 ($B_s=0.8$ T) を用いて摺動ノイズの少ない特長を有する積層型の磁気ヘッドを開発し、D-3 などの業務用 VTR として展開してきた。またさらに高い飽和磁束密度を有する FeTaN 膜 ($B_s=1.6$ T) を開発し、これを用いて Fe 系ダブル積層ヘッドを開発した。ダブル積層ヘッドとは、積層ヘッドの 1 層をさらに積層化し、その薄層ごとに磁化容易軸の方向をクロスさせることにより等方化と高周波化との両立を図った二重構造の積層ヘッドである^{1),2)}。

今回さらなる高周波化と高出力化を図った Fe 系新ダブル積層ヘッドの開発を行ったので報告する。

2. Fe 系ダブル積層ヘッドの課題

Fig. 1 に従来の Fe 系ダブル積層ヘッドの外観イラストを示す。ダブル積層の構成は、1 層の厚さ $0.4\ \mu\text{m}$ の磁性層を厚さ $50\ \text{nm}$ の非磁性層を介して 6 層積層し、それを 1 ユニットとして厚さ $150\ \text{nm}$ の絶縁層を介して 5 ユニット積層した構成である。これらの層は等方膜ではなくそれぞれに積極的に異方性を付与し、磁化容易軸を交互にクロスさせることによりユニット全体としての等方性と高周波特性を両立している。

Fig. 2 に従来の Co 系積層アモルファス膜 (Co-LAM) と Fe 系ダブル積層膜 (Fe-D-LAM) の初透磁率の周波数特性を示す。試料形状は幅 $1.5\ \text{mm}$ 長さ $11\ \text{mm}$ で、初透磁率の測定は 8 の字コイル法³⁾を用いて行った。これより Fe 系ダブル積層膜は $100\ \text{MHz}$ でも $|\mu|$ が 1000 を超えており Co 系アモルファス膜よりも高周波まで高い初透磁率を維持していることがわかる。

Fig. 3 に従来の Co 系アモルファス積層ヘッドと Fe 系ダブル積層ヘッドの規格化再生出力を示す。測定はドラムテスターを用いて相対速度 $9.4\ \text{m/s}$ にて行った。また、Fig. 4 に多速度法により求めた再生効率の周波数特性を示す。相対速度は

Fig. 1 Double-laminated head.

Fig. 2 Frequency dependence of the initial permeability of a Co-based amorphous laminated film and an Fe-based double-laminated film.

5.8~69.6 m/sにて測定し、1 MHzでの再生効率を0 dBとした。これらよりFe系ダブル積層ヘッドはCo系アモルファス積層ヘッドに比べ、高周波数での損失が少なく、高周波数帯域まで高い規格化再生出力を維持できていることがわかる。しかし一方で低周波数帯域での規格化再生出力がCo系アモルファスヘッドに比べて低く、Fig. 2に示す膜特性から期待される電磁変換特性が実現できていない（従来のCo系アモルファス積層ヘッドの電磁変換特性は膜特性を良く反映している⁴⁾）。また30~60 MHzにうねりが生じていることもあり、高周波数帯域まで高い初透磁率が得られているにも関わらず、結果として15 MHz以上の帯域で1~2 dBの再生出力の向上に留まっている。

3. 初透磁率の形状依存性

これらFe系ダブル積層ヘッドの膜特性と電磁変換特性との差を検討することを目的に、まずギャップ近傍の磁性膜の初透磁率に着目し解析を行った。

Fig. 5にギャップ近傍のみの磁性膜の初透磁率を徐々に低くして、その再生出力をシミュレーションした結果を示す。シミュレーションは2次元の有限要素法を用いて行い、大半のコアの初透磁率を2000として、ギャップ近傍に三つの領域を

Fig. 3 Frequency dependence of the normalized playback output of a Co-based amorphous laminated head and an Fe-based double-laminated head.

Fig. 4 Frequency dependence of the relative head efficiency of the Co-based amorphous laminated head and the Fe-based double-laminated head obtained by the various relative-velocities method.

設けて Fig. 5中に示すように、ギャップに近づくほど初透磁率を低くした。横軸にギャップ近傍の最小の初透磁率を示す。これよりギャップ近傍のみの磁性膜の初透磁率を低くするだけでも再生出力は大幅に低下し、500を下回ると3 dB以上低下することが予想される。

次にFe系ダブル積層ヘッドはそのギャップ近傍の形状による形状磁気異方性の影響を受け、初透磁率が低下していないかの検討を行った。

Fig. 6にFe系ダブル積層膜の初透磁率の形状依存性の一例を示す。幅1.5 mm、長さ11 mmの基板に成膜されたダブル積層の1ユニット膜をある幅で長さ方向（ヘッド形状にしたときの摺動方向相当）にストライプ状にパターンニングしてその初透磁率を測定した。なおパターンニングはイオンミリング法で行った。これよりストライプ幅100 μmでも初透磁率は低下し、ストライプ幅が細くなるにつれて大きく低下している。またストライプ幅100 μmですでに50 MHz付近にうねりがあることがわかる。これらはストライプ幅が細くなることにより、形状磁気異方性の影響で初透磁率が低下し、また磁区構造に起因したうねりが生じているためと考えられる⁵⁾。

すなわち、Fe系ダブル積層ヘッドは、ギャップ近傍の形状により膜特性が劣化し、磁性膜本来の性能を発揮できていなかったと考えられる。

Fig. 5 Permeability dependence of the relative head efficiency obtained by FEM simulation.

Fig. 6 Stripe-width dependence of the initial permeability of the Fe-based double-laminated film.

4. 新ダブル積層構成

一般的に一方方向に異方性を付与した複数の磁性膜を適当な間隔で積層すると、磁性膜の端部の磁気的なカップリングにより単磁区構造となり、形状の影響を受けにくくなることが知られている⁶⁾。また、積層ヘッドは完全な等方膜を用いるよりもギャップデプス方向に若干の磁化容易軸を付与した方が効率を高める上で有利である⁷⁾。

Fig. 7 に直交する方向の初透磁率をそれぞれ変化させたときの出力のシミュレーションを示す。Fig. 7 中 μ_x が磁気ヘッドの摺動方向、 μ_y がギャップデプス方向である。シミュレーションには3次元有限要素法を用い、 μ_x, μ_y 共に2000の時の出力を0 dBとした。計算結果より同じ出力になる点を結んだ線は図からわかるように縦方向に立っており、すなわちギャップデプス方向の初透磁率の変化よりも摺動方向の変化の方が出力に大きく影響することが予想される。

これらを考慮して Fig. 8 に示すように、磁化容易軸の方向を層ごとに「縦縦横縦縦横」とアンバランスな配分にし（縦方向はヘッド形状にしたときのギャップデプス方向を表す）、磁性膜の積層間隔を5 nm とする検討を行った（以後このような積層構成を「新ダブル積層」と呼ぶ）。

Fig. 9 に Fe 系新ダブル積層膜の初透磁率の形状依存性を示

Fig. 7 Initial permeability dependence of the relative head efficiency obtained by FEM simulation.

Fig. 8 New double-laminated film structure.

す。Fig. 6 と同様に、幅 1.5 mm、長さ 11 mm の基板に成膜された新ダブル積層の1ユニット膜をある幅で長さ方向（ヘッド形状にしたときの摺動方向相当）にストライプ状にパターンニングしてその初透磁率を測定した。これよりストライプ幅 100 μm において高い初透磁率が得られ、またストライプ幅 20 μm においては初透磁率の周波数特性に若干の変化が見られるものの、 $|\mu|$ は 1000 を超えており高い値が維持できていることがわかる。

Fig. 10 に直交する方向の初透磁率の周波数依存性を示す。Fig. 10 中、Fig. 7 と同様に μ_x が磁気ヘッドの摺動方向、 μ_y がギャップデプス方向である。これより μ_x, μ_y 共に高い値が維持できていることがわかる。

5. Fe 系新ダブル積層ヘッド

この膜を用いて Fe 系新ダブル積層ヘッドの開発を行った。Fig. 11 に Fe 系新ダブル積層ヘッドの外観イラストと摺動面

Fig. 9 Stripe-width dependence of the initial permeability of the new Fe-based double-laminated film.

Fig. 10 Frequency dependence of the initial permeability of the new Fe-based double-laminated film.

Fig. 11 New double-laminated head.

Fig. 12 Frequency dependence of the normalized playback output.

写真を示す。新ダブル積層の構成は、磁性層を厚さ 5 nm の非磁性層を介して 6 層積層し、磁化容易軸の向きを「縦縦横縦横横」としている。

Fig. 12 に従来ヘッドと Fe 系新ダブル積層ヘッドの規格化再生出力を示す。また Fig. 13 に多速度法により求めた再生効率の周波数特性を示す。これらより Fe 系新ダブル積層ヘッドの規格化再生出力は Co 系アモルファス積層ヘッドに対して全周波数帯域で上回り、28 MHz において約 7 dB 向上していることがわかる。また周波数損失にうねりがなく、測定帯域内ではほぼフラットであり極めて良好な周波数特性が得られていることがわかる。これは磁気ヘッドの形状では磁壁の弦共鳴が生じる領域が小さく、電磁変換特性に影響しないためと考えられる。

6. ま と め

従来の Fe 系ダブル積層ヘッドが優れた膜特性を有するにも

Fig. 13 Frequency dependence of the relative head efficiency obtained by the various relative-velocities method.

関わらず、期待した性能が発揮できないのは、ギャップ近傍の形状による初透磁率の劣化のためと考えられる。

これを解決するべく、ダブル積層技術、異方性制御技術、静磁結合技術を駆使し、等方性を維持しながら、かつ透磁率の形状による劣化が少ない Fe 系新ダブル積層膜の開発を行った。

これを用いて作成した積層ヘッドの再生出力は、従来の Co 系アモルファス積層ヘッドを全周波数帯域において上回り、28 MHz において約 7 dB 向上した。

謝 辞 本研究を進めるに当たりご協力を頂いた、当社 AVC デバイス事業部、ビデオ事業部岡山工場、および薄膜加工研究所の皆様に深謝致します。

文 献

- 1) 養田 広, 長谷川博幸, 夏井昭長, 名古久美男, 仲谷安広: 日本応用磁気学会誌, 17(Suppl. No. S2), 63 (1993).
- 2) 名古久美男, 青倉 勇, 山西 斉, 神間 博, 小佐野浩一: 日本応用磁気学会誌, 17, 345 (1993).
- 3) 村岡俊作, 神間 博, 井原慶太, 島田 寛: 電子情報通信学会技術報告, MR92-12 (1992).
- 4) 夏井昭長, 長谷川博幸, 村岡俊作, 仲谷安広, 養田 広: 日本応用磁気学会誌, 18, 137 (1994).
- 5) 濱川佳弘, 佐々木 忍, 由比藤勇, 椎木一夫: 電子情報通信学会技術報告, MR92-32 (1992).
- 6) 徳武房重, 印牧洋一, 坂田勝美, 江口裕也, 浦井 彰, 早川正俊: 電子情報通信学会技術報告, MAG-94-223 (1994).
- 7) 村岡俊作, 井原慶太, 小俣雄二, 高橋 健, 養田 広: 日本応用磁気学術講演概要集, p. 311 (1983).

1997 年 10 月 28 日受理, 1997 年 12 月 18 日採録