斜め蒸着磁気テープの記録再生特性

Recording and Reproducing Properties of Magnetic Tape by Oblique Incident Deposition Method

太田賀文・中村久三・伊藤昭夫・林 主税

日本真空技術協超材料研究所, 千葉県山武郡山武町横田 523

Y. Ohta, K. Nakamura, A. Itoh and C. Hayashi

Institute for Super Materials, ULVAC Corporation,
523 Yokota, Sanbu-cho, Sanbu-gun, Chiba-pref., 289-12

The application of magnetic films prepared by the oblique incident evaporation, High Incident Nucleation (HIN) method, for micro cassette music tapes has been examined. The following results have been obtained.

- 1) The coercive force and the gradient of hysteresis curve, $(d\Phi/dH)_{H_c}$, of single layer films take the maximum values at 1000–1500 Å in thickness, and decrease as the film thickness increases.
- 2) The multilayer films composed of Al layers and Co-30 at.%Ni layers being deposited alternately show the superior magnetic properties even with thicker films.
- 3) As-deposited films show the large fluctuation of the reproduced output level. By polishing the film surface, it is improved and higher values of the reproduced output are obtained. These improvements are due to decreasing of the spacing-loss between recording head and the magnetic film surface.
- 4) Samples prepared by the improved processes mentioned above, have the coercive force of more than 600 Oe and exhibit the recording frequency characteristics equal or more superior to those of "metal tape".

1. はじめに

斜め蒸着法による金属磁性薄膜は、高い保磁力と残留磁束密度が得られ¹⁾、高密度記録の可能な磁気記録媒体として注目されている²⁾。この薄膜を磁気テープとして応用する場合、基板を走行させながら連続蒸着を行なう必要がある。われわれは、以前、高入射角より蒸着を開始して核生成を行ない、その後連続して膜を成長させる高入射核生成法 (High Incident Nucleation Method, 略して HIN 法) と呼ばれる新しい連続蒸着法を開発し、効率よく高い保磁力と良好な角型性をそなえた長尺磁性膜を得ることができることを報告した^{3,4)}。

今回、この HIN 法による磁性膜をミュージック用マイクロカセットテープとして応用することを検討したので報告する。

2. 実験方法

実験に用いた連続蒸着装置の模式図を Fig. 1 に示す。基板は 6 μm のポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムで、水冷キャンに密着させながら蒸着を行なうよ

うになっている。フィルムは、左右両方向に走行できるが、磁性層を蒸着する際は、図示したように HIN 方向に走行させた。蒸着磁性金属は Co-30 at. % Ni で、斜め蒸着の位置に設置した電子ビーム加熱蒸発源を用いて、 2×10^{-5} Torr. の酸素雰囲気中で蒸着を行なった。一部の試料については、Al 膜とのサイドイッチ状交互多層構造をもつ膜を作成した。この時の Al の蒸着は、

Fig. 1 Schematic diagram of deposition system.

Fig. 2
Schematic diagram of polishing system of film surface.

1×10^{-4} Torr. の酸素雰囲気中で垂直蒸着の位置に設置した電子ビーム加熱蒸発源を用いて行なった。

記録再生特性の測定には、市販のマイクロカセットデッキ (OTTO RD-XM 1) を用い、試料を通常のカセットハーフに巻き込んで測定した。一部の試料については、**Fig. 2** に示すような装置を用いて、蒸着膜表面を研磨した後測定した。研磨は、表面にバフ布が固定されている回転ローラー上に、エチルアルコールにアルミナ粉末 (平均粒径 $0.3 \mu\text{m}$) を研濁した液を滴下させながら、回転ローラーを蒸着膜表面に押しあてることにより行なった。

3. 実験結果ならびに考察

(1) 磁気特性

斜め蒸着磁性膜をミュージックテープとして応用する場合、低周波での感度とダイナミックレンジを大きくする必要があり、そのためには磁気特性を低下させることなく磁性層の膜厚を大きくしなければならない。**Fig. 3** に磁性層の膜厚と保磁力、ならびに感度の目安となる H_c 点でのヒステリシス曲線の関係を示す。HIN 法は、保磁力や角型比の大きい磁性膜が得られるという特徴があるが、この方法においても膜厚依存性があり、単層膜 A では $1000 \sim 1500 \text{ \AA}$ で保磁力と H_c 点の傾きがピークをとり、それ以上では小さくなる。**Fig. 4 A** に膜厚 $5300 \text{ \AA}$ の単層膜のヒステリシス曲線を示すが、角型性も低下していることがわかる。これらの原因は、断面の透過電子顕微鏡観察の結果、析出粒子の粗大化と不均一化によることがわかっている⁴⁾。

上記の欠点を改善する目的で、粒子の粗大化を防止するために、磁気特性がピークを示した $1000 \sim 1500 \text{ \AA}$ の膜を多層構造にすることを検討した。磁性膜のみから成る多層構造膜 B では、層数を増加しても保磁力は低下しないが、 H_c 点での傾きに向上が見られない。これは各層毎の粒子の粗大化が不均一であるためと考えられる。さら

Fig. 3
Coercive force and gradient of hysteresis curve, $(d\Phi/dH)_{H_c}$, vs. total thickness of magnetic layer.
A: single-layer film.
B: multilayer film of Co-30 at%Ni.
C: multilayer film composed of alternately deposited Al layers and Co-30 at%Ni layers.

Fig. 4 Hysteresis curves of A, B and C type films.
(corresponding to Fig. 3)

に層間での分離を安全にするために、 $200 \text{ \AA}$ 厚の Al 膜をサンドイッチ状に蒸着した多層膜 C について検討を行なった。図からわかるように、このような構造では層数を多くして、全体の磁性層の膜厚を厚くしても保磁力は低下することがなく、また、 H_c 点の傾きが層数とともに増加することがわかった。Fig. 4 の B, C には 5 層膜のヒステリシス曲線を示してあるが、Al 層を介在させた多層膜とすることにより、角型性についても改善されていることがわかる。なお H_c 点の傾きは、層数が $3 \sim 5$ 層になると著しく増加し、5 層以上ではゆるやかな増加になる。このことから記録再生時の感度も 5 層程度で飽和してくるものと推定される。これは後で述べるように膜の表面の荒れが顕著になってきて、入射角がミクロ的に不均一になってくるためと考えている。本実験では以下、5 層膜の記録再生特性について実験を行なった。

(2) 記録再生特性

この種の薄膜磁気テープにおける重要な問題として、“ヘッドあたり”の不良が出力変動を大きくするということがある。われわれは、Fig. 2 に示したような装置を用いて、蒸着膜の表面を記録再生時のテープ走行方向に平行に研磨することにより出力変動の改善を試みた。5 kHz・0 dB の正弦波を記録再生した時の再生エンベロープを、蒸着したままの試料と表面研磨を行なった試料について比較した結果を Fig. 5 に示す。表面研磨を行なうことにより、出力変動が改善され、さらに再出力が大幅に増大することがわかる。

またこの試料の AC バイアス特性を Fig. 6 に示した。表面研磨した試料では、蒸着したままの試料にくらべて最適バイアス電流が 5 dB 減少している。Fig. 7 にはこれらの膜の周波数特性を示す。表面研磨を行なうことにより、特に高周波領域で再生出力が大きく増加しており、たとえば 5 kHz では 9.2 dB も向上する。表面研磨を行なっても蒸着膜の磁気特性はまったく変化しないことを確認しているので、このような記録再生特性の向上

(a) As deposited (b) Polished

Fig. 5 Comparison of 5 kHz output envelope between as-deposited tape and polished tape.

Fig. 6 AC bias characteristics of as-deposited tape and polished tape.

は、ヘッド・テープ間のスペーシングロスの低減によるものと考えられる。特にバイアス電流の大幅な減少は、このことを明確に裏づけるものと思われる。

Fig. 8 にこれらの試料の表面を、走査型電子顕微鏡と光学顕微鏡により観察した結果を示す。斜め蒸着膜の表面は、蒸着原子の入射方向に多数のくさび状の突起があり、かなり荒れていることがわかる。これには基板表面の凹凸が、斜め蒸着の際にシャドーイング効果となって増幅されている影響も含まれていると思われる。表面研磨試料では、研磨方向に一面に無数の微細な溝が走っており、また前述の微小な凹凸はなくなっている。光学顕微鏡観察の結果からは、比較的大きな凹凸や、膜中にう

Fig. 7 Frequency characteristics of as-deposited tape and polished tape.

(a) As deposited (b) Polished

Fig. 8 Surface micrographs of as-deposited tape and polished tape.

Fig. 9 Frequency characteristics of metal tape and HIN deposition tapes having the coercive forces of 600 Oe and 850 Oe.

めこまれている異物の粒子が、表面研磨により少なくなっていることがわかる。異物粒子の混入は、清浄な基板を使用することによりかなり防止することができるが、一度付着したものは静電気のため取り除くことは容易ではない。しかし、蒸着後に研磨を行なうと静電気がシールドされているため容易にのぞくことができる。

以上の検討の結果から、表面研磨を行なうことにより記録再生特性が改善される原因として、斜め蒸着特有の微細な凹凸や異物粒子、マクロ的な凹凸などが取り除かれること、さらには多数の微細な溝が形成されてヘッドとの接触面積が小さくすることなどにより、ヘッドとの摩擦が小さくなり、滑らかなヘッドあたりになっているためと考えられる。これらの結果から、斜め蒸着膜に限らず Co-Cr スパッタ膜やメッキ膜などの薄膜磁気テープにおいては、ヘッドあたりを改良する何らかの表面処理が不可欠であって、その一つとして表面を研磨する方法は極めて有効な方法であると言えることができる。

このようにして作成した試料の周波数特性を、市販のメタルテープと比較して **Fig. 9** に示す。保磁力が 600 Oe の場合、ほぼメタルテープと同程度の特性が得られ、850 Oe の試料では高周波域でメタルテープを数 dB 上回る再生出力が得られ、また最適バイアス電流値もメタルテープにくらべて 6.5 dB 低く、省電力の記録が期待できる。

4. ま と め

高入射核生成法 (HIN 法) による連続斜め蒸着磁性膜をミュージック用マイクロカセットテープとして応用することを検討し、次のような結果を得た。

- 1) 保磁力とヒステリシス曲線の H_c 点での傾きは、単層膜では膜厚が 1000~1500 Å の時に最大値をとり、それ以上では低下する。
- 2) Al 膜を層間に介在させた多層膜構造とすることにより、全体の磁性層を厚くしてもすぐれた磁気特性を得ることができる。
- 3) 蒸着したままの試料では出力変動が大きいが、膜の表面研磨をすることにより出力特性が改善され、またスペーシングロス低減による再生出力の大幅な増大が得られる。
- 4) 以上の方法により作成された保磁力 600 Oe 以上の試料では、市販メタルテープと同等かそれ以上の周波数特性が得られる。

〔参考文献〕

- 1) W. J. Schuele: J. Appl. Phys., **35**, 2558 (1964).
- 2) 小田桐, 国枝, 藤田, 篠原, 飯島, 蓬郷: 電子通信学会磁気記録研究会資料, MR 78-32 (1979).
- 3) 中村, 太田: 公開特許公報, 昭 53-95604.
- 4) 中村, 太田, 伊藤, 林: 昭和 56 年度春季第 28 回応用物理連合講演会予稿集, 29 pW8 (1981).

1981年12月14日受理, 1982年1月13日採録