斜め配向塗膜テープの作製と電磁変換特性

Recording Characteristics of Obliquely Oriented Particulate Tapes

四釜 繁・佐藤雄二・片岡光宗・五月女善俊*・森田博昭

山形大学工学部, 山形県米沢市城南 4-3-16 (〒992)

*コロムビア・マグネ・プロダクツ KK, 栃木県真岡市台町 2753 (〒321-43)

S. Shikama, Y. Satoh, M. Kataoka, Y. Soutome* and H. Morita

Faculty of Engng., Yamagata Univ., 4-3-16, Jonan, Yonezawa, Yamagata 992

*Columbia Magnetic Products Co., Ltd., 2753, Dai-cho, Mohoka, Tochigi 321-43

It has been reported that high-density and wide-bandwidth characteristics are obtained by using a combination of a ring head and obliquely oriented metal evaporated magnetic recording tapes. Therefore, we developed new equipment for the preparation of obliquely oriented tapes of $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles, and examined the morphology, magnetic properties, and wavelength response of the tapes. The experimental results showed that a tape obliquely oriented at 30° has the highest-output and widest-bandwidth characteristics.

Key words: obliquely oriented tape, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, wide-bandwidth characteristics

1. はじめに

最近、斜め異方性媒体とリングヘッドとの組合せによって得られる高密度広帯域性が注目され、すでに実用化されている¹⁾。斜め記録は、媒体異方性の方向とリングヘッド記録磁界のベクトル性を考慮した記録機構で²⁾、そのシミュレーション解析が行われている³⁾。しかし、その詳細な実験報告は、特に塗膜媒体で少ない⁴⁾。そこで、著者らは、種々の配向角度の塗膜媒体を作製し、その電磁変換特性を測定し、高密度広帯域に最適な配向角度を見いだそうとしている⁵⁾。

今回は、ソレノイドコイル磁界を利用して、配向磁界角度を $0^\circ \sim 90^\circ$ まで 15° おきに増加させ、それぞれの角度で斜め配向塗膜テープ（磁性層厚さ $2\mu\text{m}$ ）を作製した。そして、それらの塗膜テープの磁気特性を測定し、リングヘッド（ギャップ長 $1\mu\text{m}$ ）で電磁変換特性を測定して、最適配向角度についての検討をした。

2. 実験方法

2.1 斜め配向塗膜テープの作製

磁界を利用して斜め配向テープを作製する方法は、

日本応用磁気学会誌 Vol. 18, No. 2, 1994

Table 1 Head specification and tape properties

Head	1.0 μm gap
	Mn-Zn-Ferrite ring-head g = 1.0 μm , Tw = 28 μm
Tape	2 μm magnetic layer thickness
	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, Hc: 350 Oe, Ms: 80 emu/g

種々考えることができる⁶⁾。しかし、配向角度を正確にコントロールすることは意外に困難である。そこで、今回はソレノイドコイルの磁界を利用し、その様な磁界中で塗布テープを乾燥する方法によって斜め配向角度をコントロールした。

配向ソレノイドコイルは、磁界分布の均一性を確保するために、偏平型に作製した。また、テープを任意の角度で保持するための保持台も作製した。Fig. 1 にそれらの略図を示す。コイルの中空部分は $18 \times 180 \times 200\text{ mm}$ で、幅 16 mm で長さ 180 mm 程度のテープを任意の角度で保持することができる。この長さは、ドラムテスター 1 周分のテープの長さに相当する。

製作したソレノイドコイルの巻数は、約 1700 ターンである（エナメル被覆銅線径 1.8 mm ϕ ）。コイルの中心部のコイル定数は 1.05 である。Fig. 2 に、コイルの中心軸における磁界強度分布を示した。中央 5 cm 部分の磁界の均一度は $\pm 2\%$ 程度である。実験ではこの様な部分の磁界を利用した。

製作した配向コイルの最大発生磁界強度が 1.4 kOe 程度なので、実験には保磁力 H_c の低い (Table 1) $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 針状磁性粉を用いた。塗料をアプリケーション（ナイフエッジ型手動塗布器）で塗布した後直ちにコイルの中にセットし、最大磁界 1.4 kOe を乾燥するまで印加した。

作製したテープはカレンダーリング処理ができないの

Fig. 1 Schematic of an orienting coil and tape fixing stand.

で、表面研磨装置で表面平滑化処理を行った。この装置は VTR 装置のシリンダーヘッドを改良したものであり、そのシリンダーにテープを巻付けポリッシングシートで研磨する装置である⁷⁾。今回は 8000 番のポリッシングシートを用いた。研磨後の表面粗さは $R_a=70$ nm 程度である。

2.2 電磁変換特性測定

電磁変換特性測定にはドラムテスターを使用した。テープはノーマル方向（斜め配向した針状微粒子を磁気ヘッドが撫で倒す方向）に相対速度 2 m/s で走行させた。また、記録信号には正弦波を用いた。再生出力はオシロスコプの波形から P-P を直読した。記録再生ヘッドには、ギャップ長 $1\mu\text{m}$ の Mn-Zn-Ferrite リングヘッドを用いた (Table 1)。なお、ヘッドギャップは SEM 写真を基に測定し、波長特性（この測定には市販の S-VHS テープとスペクトルアナライザーを使用し、波長 $2.0\sim 0.4\mu\text{m}$ の領域を測定した）に現れるディップ位置からも確認した。

Fig. 2 Uniformity of the magnetic field.

なお、今回の実験は、カレンダーリング処理を行わないテープを使用したので、波長特性は $40\sim 2\mu\text{m}$ の領域に限定し、その特性を調べた。

3. 実験結果および考察

3.1 テープの表面ならびに断面写真

Fig. 3 に作製したテープの表面および断面の SEM 写真を示す。写真左側に示した角度は、テープ膜面と配向磁界方向のなす角 θ である (Fig. 1 参照)。以後、この角度を“配向角度”と呼び、また、配向角度 θ で作製したテープを“ θ テープ”と呼ぶことにする。

図に示した表面写真を観察すると、配向角度 θ が増すに従って写真面上に現われる針状磁性粒子の長さが短くなっており、その粒子が立ち上がってくるようすが分かる。断面写真は、このことをより明瞭に示しており、斜め配向テープができていることが確認できる。

垂直配向によって表面粗れが起きるという報告もあるが⁸⁾、本実験の場合にはそのような傾向は見られなかった。印加した配向磁界強度がそれほど大きくないからであろう。

3.2 テープの磁気特性

作製した斜め配向テープの保磁力 H_c 、角形比 SQR を Table 2 に示す。ここで θ は配向角度、 R は無配向である。また、 H_c および SQR 欄の X, Z, $\ast\theta$ は VSM の測定磁界方向である。X は測定磁界方向をテープの長手方向にした場合であり、Z はテープ表面に垂直な方向にした場合である。また、 $\ast\theta$ は、測定磁界方向をテープの配向角度に合わせた場合である (Fig. 4)。

まず、角形比 SQR に着目すると、配向角度が増すに従って X 方向の値が低下して Z 方向の値が増加する。これは、作製したテープの斜め配向方向が立ち上がっていることと一致する。次に、 θ 方向の角形比 SQR に着目すると、配向角度が増加するに従ってその値が減少しているが、この値は反磁界の影響を考慮しなければならない。そこで、ヒステリシスのメジャーロープの傾きを利用して反磁界の影響を補正すると、カッコ内に示す値となる（この簡易補正は、メジャーロープの傾きに平行な原点を通る直線を引き、この直線とメジャーロープの交点の値を残留磁化の値とするため、 0° テープにも補正値がでる）。この補正値も配向角度が増すに従って低下している。この結果は、配向角度が増すと“配向しにくい”ことを示している。

3.3 入出力特性

Fig. 5 に、テープの入出力特性を示す。黒丸測定点は波長 $40\mu\text{m}$ の場合における特性であるが、約 50 mA の

Fig. 3 Surface and cross-section SEM photographs of tapes.

Table 2 Magnetic properties of tapes
R: non-oriented

θ	Hc (Oe)		SQR		
	X	Z	X	Z	* θ
R	379	240	0.72	0.10	
0°	383	238	0.91	0.10	0.91(0.93)
15°	381	235	0.89	0.10	0.85(0.88)
30°	380	231	0.87	0.11	0.76(0.80)
45°	366	238	0.82	0.13	0.65(0.73)
60°	350	252	0.75	0.15	0.55(0.68)
75°	318	312	0.57	0.18	0.46(0.63)
90°	284	384	0.40	0.21	0.21(0.60)

Fig. 4 Explanation of measurement direction.

記録電流で飽和している。この特性から、磁性層が全層にわたり記録されていると推測できる。また白丸測定点は波長 $10 \sim 2 \mu\text{m}$ の特性である。この特性は、ある記録電流で出力がピークに達し、その後出力が減少する。そして、その減少の度合いは、配向角度が増加するに従って小さくなる。これは、配向角度が増すに従って、記録減磁が減少することを示している。

Fig. 6 は、配向角度 θ が $0^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ テープについて、

波長 $6.7 \mu\text{m}$ の場合における特性を比較したものであり、記録減磁の違いが明瞭に現れている。もし、 90° テープの角形比 SQR を 0° テープ並にあげることができれば、この差はさらに大きくなると予想できる。また、この特性から、配向角度が増すに従って最適入力電流が増大することも分かる。

3.4 波長特性

Fig. 7 は、波長を横軸に、Fig. 5 の各波長における最大出力を縦軸に表した、最大出力波長特性である。

まず、 $40 \sim 10 \mu\text{m}$ の長波長領域に着目する。この波長領域では、 30° テープの出力が最大で、以下 $0^\circ, 60^\circ, 90^\circ$

Fig. 6 Output response curves for 300 kHz ($\lambda = 0.7 \mu\text{m}$).

Fig. 5 Output response curves.

Fig. 7 Wavelength response of prepared obliquely oriented tapes and longitudinally oriented tapes.

テープの順で出力が小さくなる(さらに詳細に調べたところ、15°テープの出力は0°テープの出力とほぼ同出力であり、そして、45°, 60°, 75°, 90°テープの順で出力が小さくなる)。配向角度 θ が増すに従って出力が小さくなるのは、磁化が膜面に垂直となるに従って自己減磁が強くなるためである。これに対して、30°テープの出力が低下しないのは、磁化容易軸が斜めであるために、磁化同志が向き合うこともなく、自己減磁が長手テープ並に小さいからであろうと考えられる。また、リングヘッド記録磁界の分布が斜め方向で急峻であることも影響していると考えられる。

次に、10 μ m以下の波長領域に着目する。0°テープの出力の減少傾向に対して、60°, 90°テープの出力の減少傾向は緩やかであり、それぞれ波長7~4 μ mの付近で0°テープの出力を越す。これらの傾向に対して、30°テープの出力減少傾向は0°テープと同様であるが、出力の絶対値は本実験の全波長領域にわたって他のテープよりも大きい結果を得た。

30°テープが高出力である結果は田河らのシミュレーション結果³⁾と同様であるが、特に90°テープの出力の減少傾向をみる限りは、これ以下の短波長領域では90°テープの出力が30°テープの出力を上回ると予想できる。また、本実験に用いた90°テープの角形比SQRは0.6であったが、この値を高めれば出力はさらに上がるとも考えられる⁸⁾。このことは、短波長領域では、最適角

度が30°より大きいところにあることを暗示しており、蒸着テープにおける場合とは異なる傾向を暗示している。これらの点に関しては、今後テープの角形比SQRや表面平滑性をもっと上げ、明らかにしていきたい。

4. まとめ

コイル磁界を利用し、磁性層厚さ2 μ mの斜めの配向テープを0°~90°まで15°置きに作製し、ギャップ長1 μ mのリングヘッドで電磁変換特性を測定した結果以下のことが明らかになった。

1. 入出力特性では、斜め配向角度が増大するに従って記録減磁が減少する傾向を示した。また、最適記録電流は、配向角度が増すに従って増加する傾向を示した。
2. 波長特性において、10 μ m以上の長波長領域では、配向角度が増すに従って出力が増加し30°で最大値をとり、以下配向角度が増すに従って低下する。
3. 波長特性において、短波長側における出力の減少傾向は、配向角度の小さいテープに比較して、配向角度の大きいテープの減少傾向が緩やかである。
4. 30°テープは、本実験の全波長領域にわたって高出力を示した。

今後、磁界の強度とその一様性を増大させSQRなどを統一した試料を確保し、より表面平滑度を上げ、さらに詳細な実験を継続していきたい。

謝辞 コロムビア・マグネ・プロダクツ(株)の長野清二氏に、テープ作製に関し有益な御助言をして戴きました。ここに感謝申し上げます。

文 献

- 1) K. Chiba, K. Sato, Y. Ebine and T. Sasaki: *IEEE Trans. Consumer Electronics*, **35**, 421 (1989).
- 2) 成瀬宏治, 館野安夫, 佐藤孝典, 佐藤研一, 千葉一信, 佐々木利一: 電子情報通信学会技術研究報告, MR90-7 (1990).
- 3) I. Tagawa, Y. Simizu and Y. Nakamura: *J. Mag. Soc. Jpn.*, **15** (Suppl. No. S2), 827 (1991).
- 4) 月館義隆, 宮崎孝弘, 佐野俊幸, 井上 誠: テレビジョン学会全国大会, 6-1 (1989).
- 5) 四釜 繁, 佐藤雄二, 五月女喜俊, 森田博昭: 日本応用磁気学会学術講演概要集, 10pF-11 (1993).
- 6) 佐藤雄二, 四釜 繁, 片岡光宗, 中村慶久: 日本応用磁気学会講演概要集, 10pF-10 (1993).
- 7) 四釜 繁, 佐藤雄二, 五月女喜俊, 中村慶久: 日本応用磁気学会誌, **17**, 73 (1993).
- 8) 山森一毅, 田中 勉, 森 英明, 地頭所 保, 橋本 稔: 電子情報通信学会技術研究報告, MR89-5 (1989).

1993年10月12日受理, 1994年1月28日採録