

高性能重層塗布ビデオテープの開発

Development of High Performance Double-Coated Video Tape

山内恭久
飛沢誠一
マグネ事業部
磁気材料開発センター
渋谷俊明
コニカマグネプロダクツ



Abstract:

KONICA introduced the double-coated S-VHS and VHS-HG video tapes called "H'ART GALLERY" to the market in Nov. 1989. These double coated video tapes improved the three important properties of picture, color and sound. These improvements were achieved simultaneously by using two different magnetic layers. The upper layer is suited to the recording of short wave length signals. The lower layer is designed for long wave length signal recording.

In the production process of these double-coated video tapes, the technology to coat the extremely uniform and thin upper magnetic layer is a necessity.

Therefore, our precise wet-on-wet simultaneous coating technology was developed, enabling stable mass production.

Yamauchi, Yasuhisa
Tobisawa, Seiichi
Magnetic Material Research &
Development Center
Magnetic Products Division
Shibue, Toshiaki
KONICA MAGNETIC
PRODUCTS INC.

1

まえがき

当社では1989年11月に、同時重層のVHSビデオテープHGグレードとS-VHSグレードをそれぞれ「H'ART-GALLERY HG」「H'ARTGALLERY SV」の商品名で発売した。特にS-VHSビデオテープでは、重層ビデオテープとしては世界初であり、大きな脚光を浴び、ビデオテープの進歩に新しい一面を提供した。

本稿では、このビデオテープの開発に要した主要技術及び技術背景について紹介する。

2

重層ビデオテープとは、

Fig.1に重層ビデオテープと従来型単層ビデオテープの構造の概略を示す。単層ビデオテープは、構成として磁性層単層、ベース層、バックコート層が、一般的であるのに対して、重層ビデオテープは、基本構成は、従来型と同じであるが、磁性層が図のように第1、第2と分かれ、第1磁性層、第2磁性層、ベース層、バックコート層となっている。

磁性層厚さは、単層テープが、 $3.0\sim 4.0\mu\text{m}$ であるのに対して、重層テープでは、第1磁性層(以後上層と呼ぶ。)が、 $0.2\sim 1.0\mu\text{m}$ 程度で非常に薄く、また第2磁性層(以後下層と呼ぶ。)が $2.0\sim 3.0\mu\text{m}$ 程度の厚みとなっている。重層ビデオテープにとっては、この上層の薄いことが、後述するように電気特性からの必須要件であり、特徴となっている。

また、超薄層均一塗布を達成するために、同時重層という塗布技術を開発した。このように重層ビデオテープは、性能から要求される技術的困難を当社固有の精密塗

布技術により解決した一つの例と言える。

3

重層ビデオテープの設計

重層ビデオテープは、上層と下層それぞれに種々の機能をもたせることにより、特徴をもったテープ設計が可能となる。本稿では特に電気特性の設計の考え方に絞って述べることにする。

3.1 ビデオテープに記録されている信号

ビデオテープに記録されている信号には、家庭用VHS VTRの場合、画像に関する輝度信号、色信号、音に関するHiFiオーディオ信号、リニアオーディオ信号及びコントロール信号がある。この中で、輝度信号と色信号とHiFiオーディオ信号は、同一の映像トラックに重量記録される。これらの記録信号のVHSでの概ねの記録波長及び推定記録深さをTable 1に示す。輝度信号は記録波長が $1\mu\text{m}$ 程度であり磁性層の表面の極近傍に記録される。また色信号は記録波長が長いと高周波バイアスに似た記録が行われるため、磁性層の比較的深部に記録される。またHiFiオーディオ信号は、専用の広ギャップヘッドで記録後、ビデオ信号がオーバーライトするので、記録の一部が消去される。そして、その残留成分が記録として残る。

上記のようにビデオテープ上の信号の記録は、記録波長、方式がさまざまでテープ上での記録される深さも違うと推定される。

3.2 ビデオテープの特性改善技術

テープの電気特性の改良の一般的手法として、再生出力の向上には、高保磁力化、高磁束密度化による方法が行われ、ノイズの低減には、磁性粉の微細化及び高分散化と磁性層表面の平滑化によって行われてきた。しかし

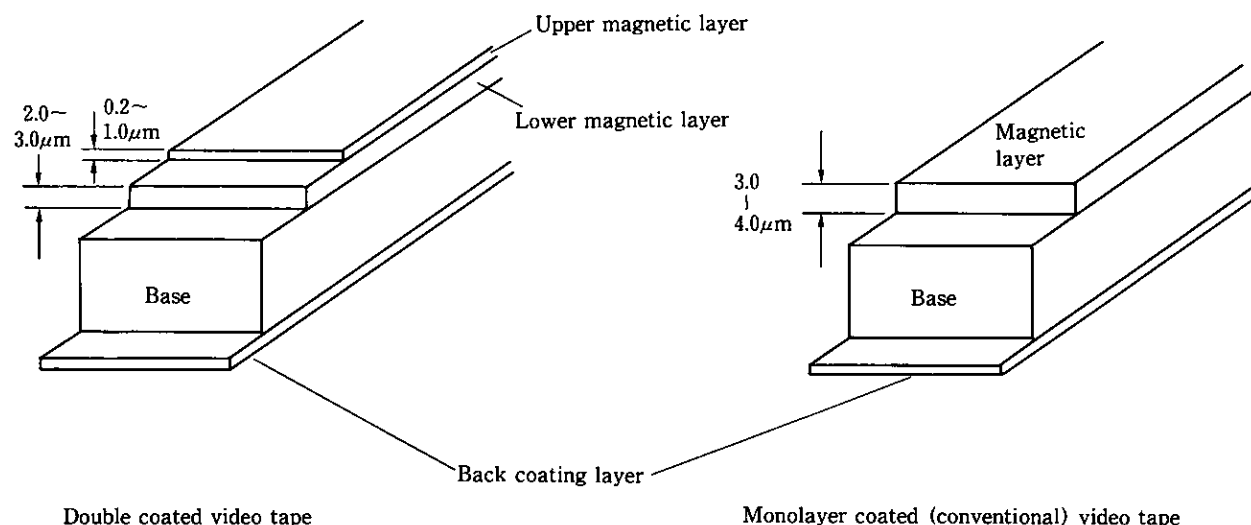


Fig.1 Typical tape structures of video tape

Table 1 Signals recorded on the video tape (VHS system)

Species of signal	Purpose	Recording wave length (calculated) (μm)	Recording depth (estimated) (μm)
Luminance signal	White & black picture	0.7~1.0	0.3
Chroma signal	Color	about 9	0.6
Hi-Fi audio signal	Sound	about 3	0.4
Linear audio signal	Sound	20~30	2.5

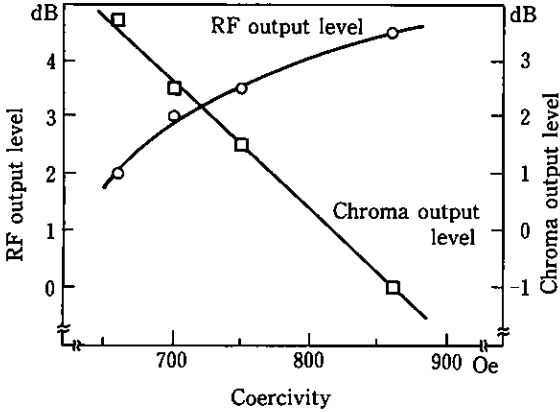


Fig. 2 RF output level and chroma output level vs coercivity of mono magnetic layer video tape

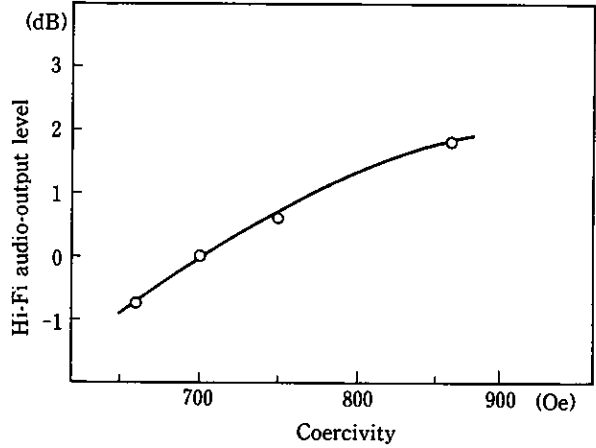


Fig. 3 Hi-Fi audio output level vs coercivity of mono magnetic layer video tape

単層テープでは、テープの高保磁化によって輝度信号出力を向上させようとすると、色信号出力の低下が生じ、特性のバランスがとれなくなる。(Fig.2) すなわち、単層テープでは、種々の特性バランスを1つの層で達成しなければならない、平均点の特性となり、特長あるテープは作りにくくなってしまふ。そこで、テープ上に記録される信号の記録のされ方が違う点に着目して特性(機能)をいくつかの層で分担可能にする重層構成とし、上層は、高周波帯域での出力が高く、ノイズが低い特性で白黒画像の鮮明さ及び音の一部を受けもつようにし、下層は、低周波帯域で良好な色ののり、及び音声特性を受け持つようにした。

3.3 重層テープの電気特性の設計

(1) 上、下層の保磁力と電気特性

単層テープの保磁力と電気特性の関係は、Fig.2 Fig.3に示したように、保磁力が増加すると輝度信号出力とHiFiオーディオ信号出力は、増加するが、色信号出力は、劣化する。この輝度信号出力の増加は、テープの自己減磁損失の減少、及びHiFiオーディオ信号出力の増加は、オーバーライトによる消去しにくさによるものと思われる。また色信号出力の劣化は、テープ保磁力が大きくなると、色信号のテープ深部までの磁化が不十分になるためと推定される。

(a) 上層の保磁力と電気特性

下層条件(保磁力700Oe, 磁性層厚2.5 μm)を一定にし

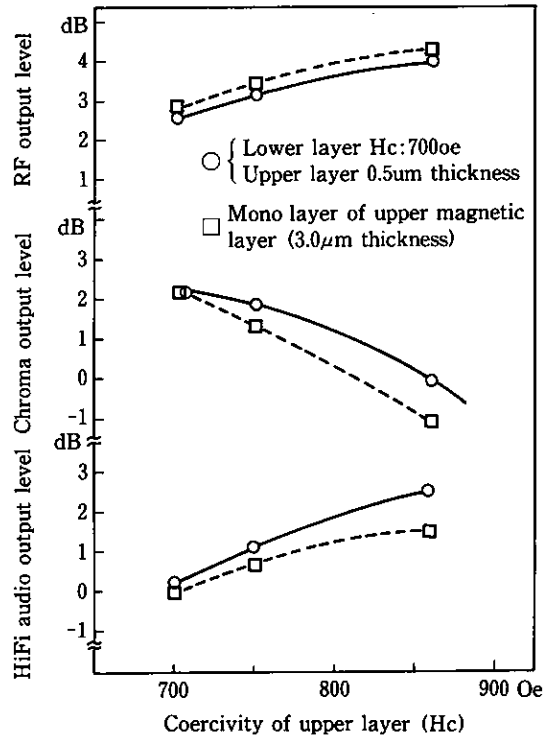


Fig. 4 Electric performance vs coercivity of upper layer of double coating and of monolayer of upper layer material

て上層磁性層厚0.5 μm で、上層の保磁力を変化させた結果をFig.4に示す。上層の保磁力と電気特性の関係は、単層テ

ープの場合と同傾向を示す。ただ、色信号出力とHiFiオーディオ信号出力は単層テープに較べて増加する。これは、低周波域の信号を記録した場合、上層0.5 μm の厚みでは、下層の影響が現われていることを示し、Table 1で推定した記録深さを裏づけている。また、この傾向は上下層の保磁力の差が大きくなるにつれ、顕著となる。次に下層保磁力と電気特性について述べる。

(b)下層保磁力と電気特性

上層（保磁力900Oe、上層磁性厚0.5 μm ）を一定として、下層の保磁力を変化させると、Fig.5に示すように、下層の保磁力が低いと、色信号出力は非常に向上する。また輝度信号出力は、同等レベルである。HiFiオーディオ信号出力は若干減少する。色信号出力の向上は、低周波領域のテープの磁化が、磁性層深部で行われ、その部分での記録ヘッドからの磁界の強さとテープ保磁力の大きさによるためと考える。

また輝度信号出力は下層保磁力の影響をあまり受けな

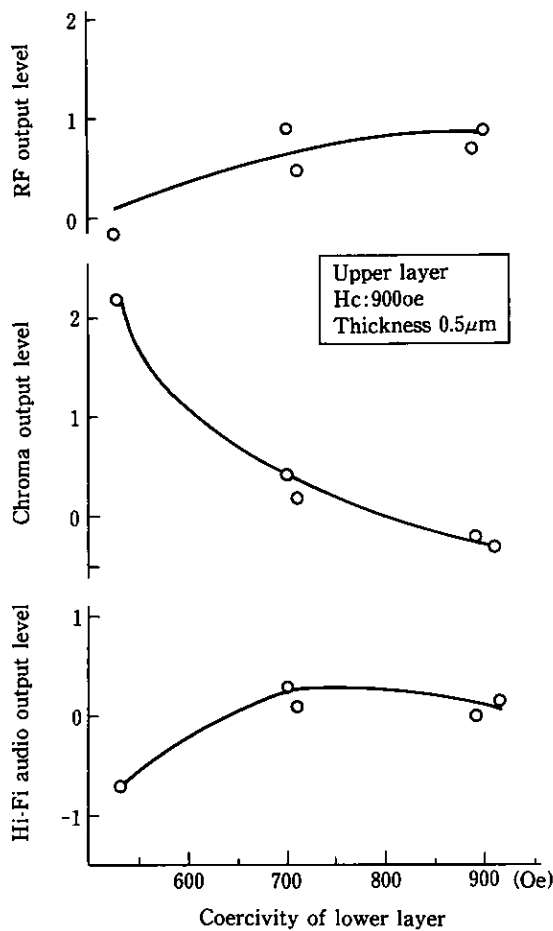


Fig. 5 Electrical performance vs coercivity of lower magnetic layer of double coated tape

い。HiFiオーディオ信号出力は、下層の保磁力が小さくなると磁化されやすくなるが、その後オーバーライトによる残留磁化との兼ね合いと思われる。これらより、磁性層の上下層の保磁力を選択することにより単層テープでは行えない輝度特性と色特性の両立の調整が可能となる。

(2)上層厚さと電気特性

Fig.6に上下層の磁気特性を一定にして、上層厚さを変化（上層プラス下層磁性層を3 μm ）させたときの輝度信号出力、色信号出力、HiFiオーディオ信号出力の変化の例を示す。輝度信号の出力は、上層厚さが0.2 μm 以上で単層テープの特性に近づいていることがわかり、記録深さとしては、0.2 μm 近辺であろうということがわかる。

一方、色信号出力は、上層が薄ければ、非常に高く、0.7 μm までは、上層より高い信号出力レベルで、かつ急な勾配で低下し、0.7 μm 以上では、上層単層同様低くなる。このことは色信号出力の記録深さが0.7 μm ぐらいまでであ

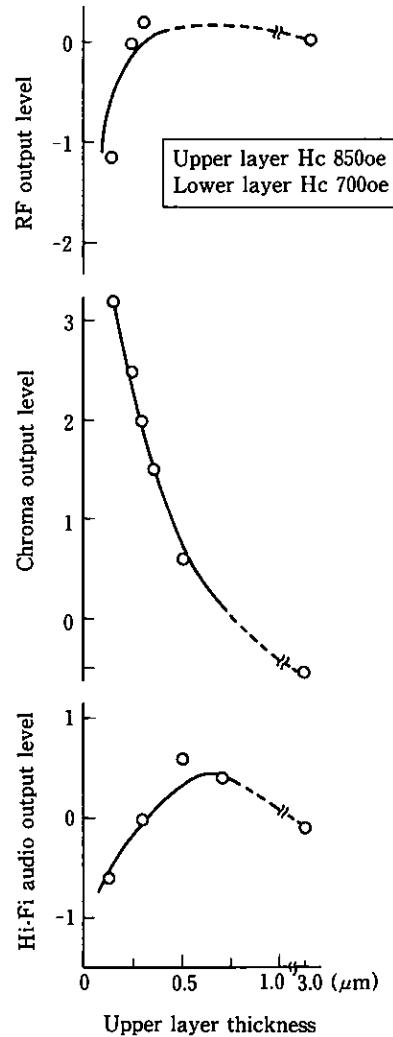


Fig. 6 Electrical performance vs upper layer thickness of double coated tape

ることを示し、上層の厚さを制御することおよび下層の保磁力を選ぶことで色信号出力を調整できることを示している。

またHiFiオーディオ出力は、上層厚 $0.5\mu\text{m}$ まで増加し、それ以上では、上層単層の特性に近づいている。この $0.5\mu\text{m}$ ぐらいでのピークは、上層単層の値より、高いレベルにある。このことは、この厚さ近辺では、HiFiオーディオ信号の記録時の深さ方向での磁化の大きさと、オーバーライト時の消磁の度合で上層単層より大きな出力が得られるものと考えられる。

またFig.7に上層厚と輝度信号S/Nの関係を示す。この図より $0.3\mu\text{m}$ 以上あれば、上層単層のノイズ特性に近づくことがわかる。

これまでの結果より、上層磁性層厚は、各種の信号出力、ノイズレベルより、 $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ がバランスの取れた重層テープとして良好である。Fig.8に試作した重層テープの中方向の断面写真を示す。

以上述べたような要因を組み合わせて、画、色、音のバランスのとれた重層テープの設計を可能とした。さらに走行性、信頼性向上のために上下層で剛性、柔軟性、接着性の物性バランスを設計することより、画質、音質だけでなく総合的なテープ物性を有する重層ビデオテープを開発した。

4 重層塗布テープ製造プロセスの開発

前章で述べた様に非常にメリットの多い重層テープであるが製造プロセスが複雑なためビデオ用磁気テープとして適用が可能となったのはごく最近のことである。ここでコニカの開発した重層磁気テープ塗布の製造プロセスを述べる。

4.1 塗布プロセスの開発

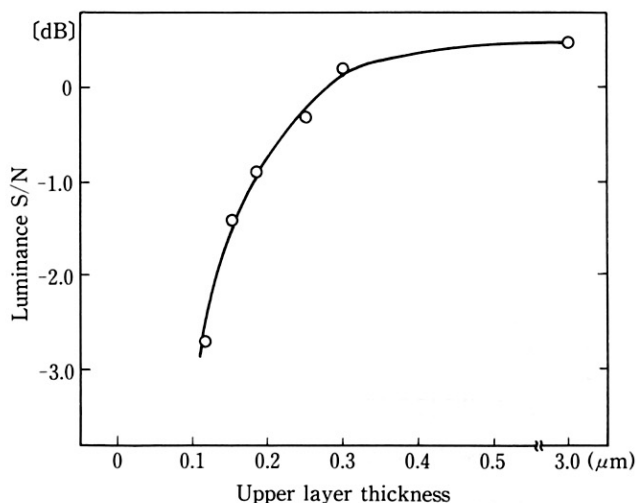


Fig. 7 Luminance S/N vs upperlayer thickness

(1)塗布方式の比較

磁気記録媒体の塗布方式としてはFig.9に示したロール塗布方式³⁾が一般的であった。Fig.9はロール塗布方式の代表的な二方式の概略を示してある。二方式とも塗布性・メンテナンス性に一長一短がある。一方、Fig.10で示した押し出し方式の場合は、ポンプでFig.10送られる塗布液が全量支持体上に塗布されるため、循環流がなく塗布液供給系が単純になり、ロール塗布方式に比較して以下に示される長所がある。

1. 支持体上に塗布されるまで完全に密閉系であるため溶剤の蒸発が少ない。(粘度安定化、作業環境改善など)
2. 塗布液供給系の残留液量が少なく、硬化剤添加後の液の安定性、液切替時の液ロスも少ない

しかしメンテナンス性、コーターの加工等に高度の修熟を要するなど短所もある。以上3つの塗布方式の比較をTable 2に示した。各塗布方式とも一長一短はあるものの総合的に見て押し出し方式が優れている。

(2)重層塗布方式の開発

通常の磁気テープの塗布は単層で前述の塗布方式で塗布後配向処理を行ない乾燥工程へと導びかれ、表面処理(カレンダー)が行なわれる。オーディオテープでは重層塗布製品は10年程前より市場に登場していたが、これらの重層塗布はウェットオンドライ重層塗布方式を採用していた。この方式は、下層の磁性層を塗布・配向・乾燥・表面処理した後に再びその上層に磁性層を塗布・配向・乾燥・表面処理という同様な順序で行なうものである。この方式では、どの様な塗布方式でも重層化可能で

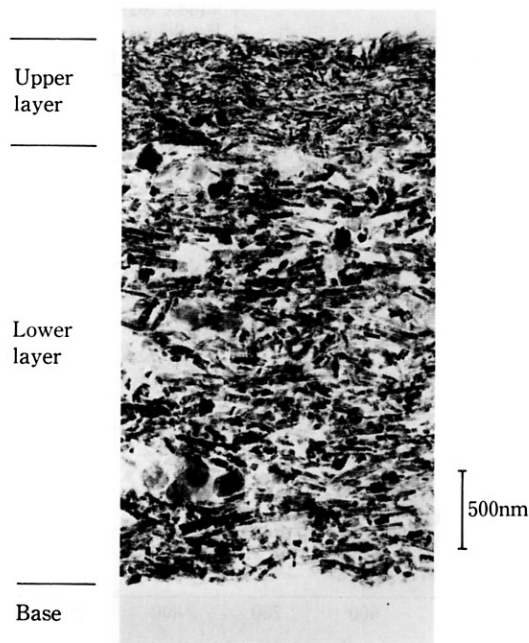


Fig. 8 Cross sectional electromicrophotograph of double coated magnetic layer

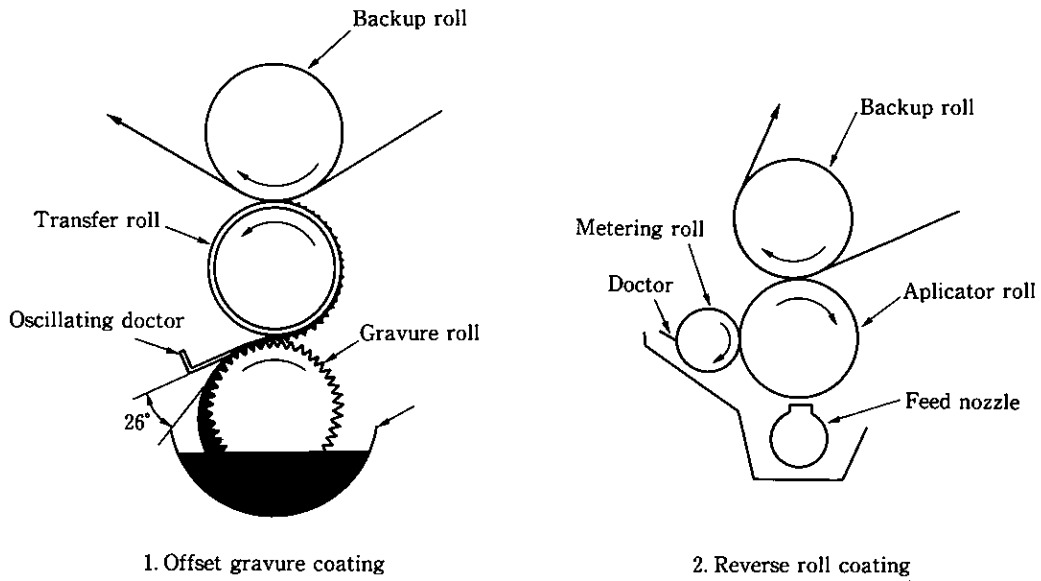


Fig.9 The typical roll coating method for magnetic media

Table 2 Comparison of coating methods

	膜厚分布		薄膜塗布性	塗布液粘度許容範囲	高速塗布性	メンテナンス性
	長手方向	幅方向				
リバースロール方式	×	△	×	◎	○	◎
グラビア方式	◎	○	○	○	△	○
押し出し方式	◎	○	○	△	◎	△

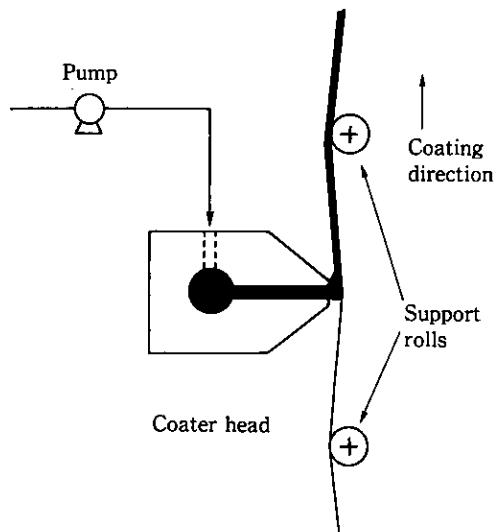


Fig.10 Extrusion coating method

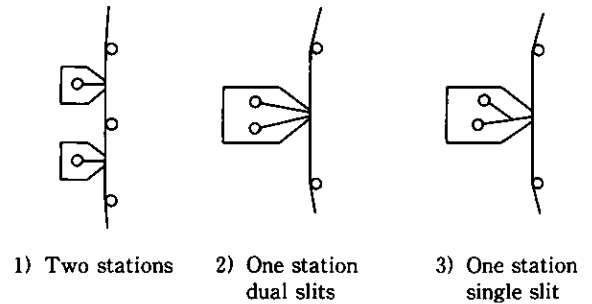


Fig.11 Wet-on-wet simultaneous double coating methods

あるという利点があるが、上層の磁性層の薄膜化が困難（ドライ膜厚で $1.0\mu\text{m}$ が限界）であることや、塗布工程を二度使用するための生産性低下によるコスト高によりビデオ製品には適用不可能であった。そこで考え出されたのが、下層が未乾燥状態で上層を塗布するウェットオンウェット同時重層塗布方式である。

この方式の場合、塗布の機構上前述の3方式の中では押し出し方式のみ適用可能となる。他のロール方式ではロール上に転写した塗布液を強制的に支持体上に押し付けるもので、下層に未乾燥の塗布部分があると、層間混合を起こすため適用は事実上不可能である。そこで我々は写真乳剤塗布技術を基に磁性塗料に適した塗布方式を開発した。その方式はFig. 11に示した様に大きく分類すると3タイプとなる。図中の(1)は単層用の押し出しコーターを逐次位置に配置したものである。塗布液の物性に対して許容範囲が広いなどの利点はあるが高速薄膜化にやや難がある。図中(2)と(3)の方式は、上下層とも一つの

コーターヘッドで同時に塗布するタイプである。塗布液の物性にやや制約があるものの高速薄膜化塗布に適しているなどの利点がある。これらの方式による同時重層塗布を良好な状態で行なうには、以下の項目が重要となる。

1. 塗布液の高分散性
2. 塗布液の物性・流動特性（レオロジー挙動）
3. コーターヘッドの形状

1.の塗布液の高分散性とは、この種の塗布方式による安定塗布を達成するにはFig.12に示す様な連続的な塗布液の速度勾配が必須となり、このため、ウェット膜厚の1/10~1/20以上の未分散物及び凝集物があると塗布故障を生じ、数が多い場合は塗布が不可能な状態となってしまうためである。2.の塗布液の物性・流動特性については、磁性粉の分散液では、通常の場合、凝塑性でありかつチクソトロピックな流動挙動を示す。押し出し塗布方式により安定塗布を得るためにはニュートン流体に近づけることが好ましく、そのために我々は磁性粉表面の前処理、高分散性バインダーの使用、溶媒の組成、各種添加剤の検討によりニュートン流体に近づけた。

3番目のコーターヘッドの形状については各種⁴⁾⁵⁾⁶⁾の検討により現在に至っている。コーター形状は塗布液等とのマッチングが必要である。以上に述べた重層塗布方式で、上下層の膜厚比、塗布液物性の差異などにより適した方式を開発し良好なウェットオンウェットの同時重層塗布を行なっている。

4.2 乾燥条件の検討

(1)乾燥工程の物質・熱収支

磁気記録媒体の乾燥は熱と物質の同時移動プロセスで、相変化の熱量が大きく、乾燥工程内部の風量が充分であることなどから伝熱支配の物質移動であると考えられる。Fig.13に示す様に二層（ベースを含めると三層）間の熱・物質移動を簡略化し、凝定常状態を仮定して両方の収支式を作成すると(1)~(5)式となる。ここで各成分の溶剤の蒸発速度は w_i で表されている。上層での熱収支より

$$Q_{CONV}^I + Q_{COND}^I - \sum(W_i L_i) = X^I \cdot \rho^I \cdot c_p^I \frac{dT^I}{dt} \dots\dots (1)$$

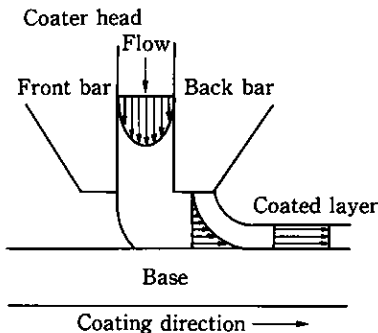


Fig. 12 Fluid flow velocity distribution in extrusion coating method

下層の熱収支より

$$Q_{COND}^II - Q_{COND}^I = X^{II} \cdot \rho^{II} \cdot c_p^{II} \cdot \frac{dT^{II}}{dt} \dots\dots (2)$$

ベースの熱収支より

$$Q_{CONV}^III - Q_{COND}^I = X^{III} \cdot \rho^{III} \cdot c_p^{III} \cdot \frac{dT^{III}}{dt} \dots\dots (3)$$

ここで

$$Q_{CONV}^I = hA(T^0 - T^I)$$

$$Q_{COND}^I = A \frac{X^I \lambda^I + X^{II} \lambda^{II}}{\frac{1}{2}(X^I + X^{II})^2} (T^{II} - T^I)$$

$$Q_{COND}^II = A \frac{X^{II} \lambda^{II} + X^{III} \lambda^{III}}{\frac{1}{2}(X^{II} + X^{III})^2} (T - T)$$

$$Q_{CONV}^III = hA(T^0 - T^{III})$$

物質移動に関して

上層では

$$W^I = \sum(w_i^I) = \sum kiA(C_i^I - C_i^0) \dots\dots (4)$$

下層より上層に

$$W^{II} = \sum(w_i^{II}) = \sum \frac{x^I D_i^I + x^{II} D_i^{II}}{\frac{1}{2}(x^I + x^{II})^2} (C_i^I - C_i^I) \dots\dots (5)$$

と近似している

<Notation>

Q = rate of heat transfer per unit area (M/t³)

T = absolute temperature (T)

t = time (t)

ρ = density (M/L³)

Cp = heat capacity at constant pressure, per unit (L²/t²T) mass

h = heat transfer coefficient (M/t³T)

λ = thermal conductivity (ML/t³T)

A = area (L²)

W = total mass transfer flux (M/tL²)

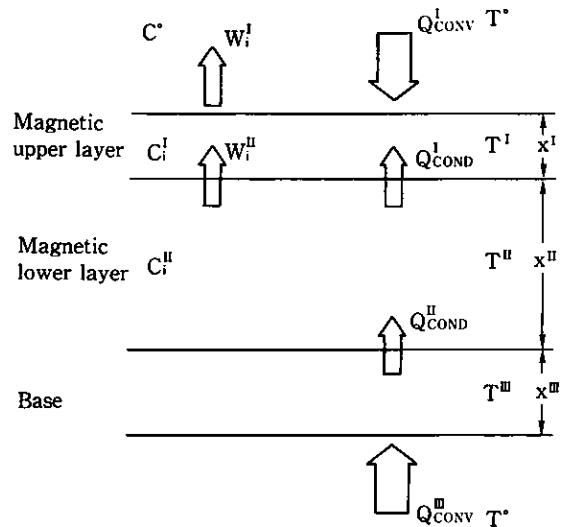


Fig. 13 Mass and heat transfer in double coated layer during drying process

w = mass transfer flux (M/tL^2)
 D = diffusivity (L^2/t)
 X = thickness (L)
 K = mass transfer coefficient (M/tL^2)
 L = latent heat of evaporation (L^2/t^2)
 C = concentration (M/L^3)

<Subscripts>

conv = heat transfer by convection

cond = heat transfer by conduction

i = species of solvent

<Super Scripts>

I = upper coated layer

II = lower coated layer

III = base

O = outside

通常磁気テープの塗布液に含まれる有機溶剤は2～5成分であるための簡略化したにもかかわらず式はかなり複雑となる。

(2) 蒸発する溶剤のコンピューターシュミレーション

上述の熱収支式の解析解は得られないため、物質移動と熱移動のアナロジーより数値解折を行ない、実際の乾燥状態との比較を行なった。この場合残留している溶剤の測定が不可能であるため、各ゾーン部で蒸発している溶剤ガスをサンプリングし、濃度・組成から残留溶剤量を逆算した。結果を次のFig.14に示す。各溶剤とも乾燥初期状態ではかなり良好な一致を示している。乾燥終点近くでは測定値と計算値の差異は大きくなるものの実用上十分なレベルであると考えられる。このコンピューター

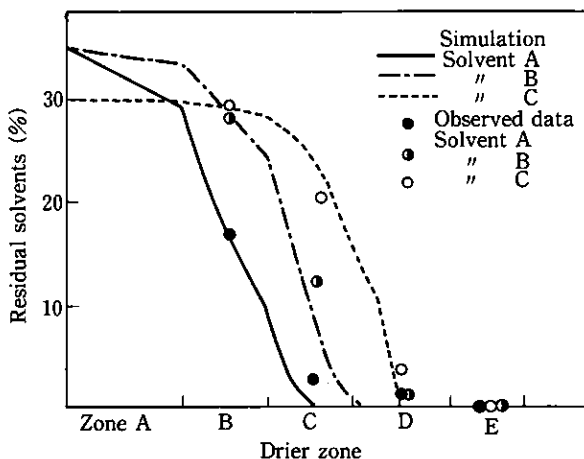


Fig. 14 Comparison with observed data and computer simulation results

シュミレーションを使用することにより多成分系の有機溶剤の磁性層からの蒸発もかなり正確に推算することが可能となった。

(2) 乾燥条件の最適化

重層塗布後の乾燥時に起こる層間混合を防ぐためには、一般的に乾燥初期段階でのバインダーに対する貧溶媒・良溶媒の蒸発速度のバランスが重要なポイントとなる。最適化の手順として、広範囲の乾燥条件で実験を実施し、その各条件下でのコンピューターシュミレーション結果から、適している乾燥条件の傾向を見出し、再びより適した乾燥条件での再実験といった手法が有効であった。この様に層間混合のない最適な乾燥条件を見出し、パイロットプラントより生産スケールまで同条件でスケールアップが可能となった。

5

まとめ

これまで述べてきた技術を基礎として、重層ビデオテープの電気特性の最適化の設計、及びそれを実現する製造技術を開発することができた。今後は、より高密度記録に適した磁気記録媒体の開発に重層技術を取り入れ、磁気記録媒体の発展に貢献したい。

6

謝辞

重層ビデオテープの開発・生産に当り非常に多くの方々のお世話になりました。

(株)コニカマグネプロダクツ

(株)コニカエンジニアリング

生産技術センター 第1研究室

日野生産事業部 工機部

分析センター

の皆様には多大なご援助を頂きました。この場を借りまして深く感謝いたします。

●参考文献

- 1) 日本放送協会編, VTR技術, (1982)
- 2) 一町 他: テレビジョン学会誌, 37(12), 1009(1983)
- 3) 原崎勇次: コーティング方式, 横書店
- 4) 特開昭63-10286
- 5) " 63-10287
- 6) " 63-10288