

Hi-8用高画質蒸着テープの開発

Development of High Quality Metal Evaporated Tape for Hiband 8mm Video System

佐藤敏彦
伊藤幸一
松沢孝浩
技術研究所



Sato, Toshihiko
Itoh, Kouichi
Matsuzawa, Takahiro
Reserch and Development Center

Abstract:

Hi-8—the new high-band 8mm video system introduced in April of 1989—is the world's first video system with metal evaporated tape capability. Because metal evaporated tape allows full realization of Hi-8 video's heightened resolution and recording density, Konica has produced a metal evaporated tape whose mechanical design and electromagnetic performance are directly matched to the Hi-8 system, and whose durability and reliability meet the standards of demanding users.

1

まえがき

1.1 Hi-8システムとは：ハイバンド8mmVTR

まず始めに蒸着テープを用いる最初のVTRシステムとなったHi-8システムだが、これは8ミリビデオシステムの画像がより高解像度になった物と言う事が出来る。

Fig.1は記録信号の帯域の違いを示しているが、Hi-8は従来の8ミリビデオの信号領域を広げる（よりハイバンド化する）事により、解像度を従来の270TV本から¹⁾400TV本以上にした高画質ビデオシステムである。²⁾

Fig.2は、VTRシステムの進歩を記録トラック幅と記録波長の観点から見た図であるが、図から分かる様にHi-8システムは、現存するVTRシステムの中では、最も記録波長が短く且つトラック幅が小さい、つまり最も記録密度が高いVTRシステムである。

Fig.2には更に、システムに対応したテープ媒体の種類に適した記録波長領域も示してあるが、Hi-8システムは高い記録密度を必要とし、蒸着テープを適用する事に意味が有る最初のVTRシステムである事が分かる。

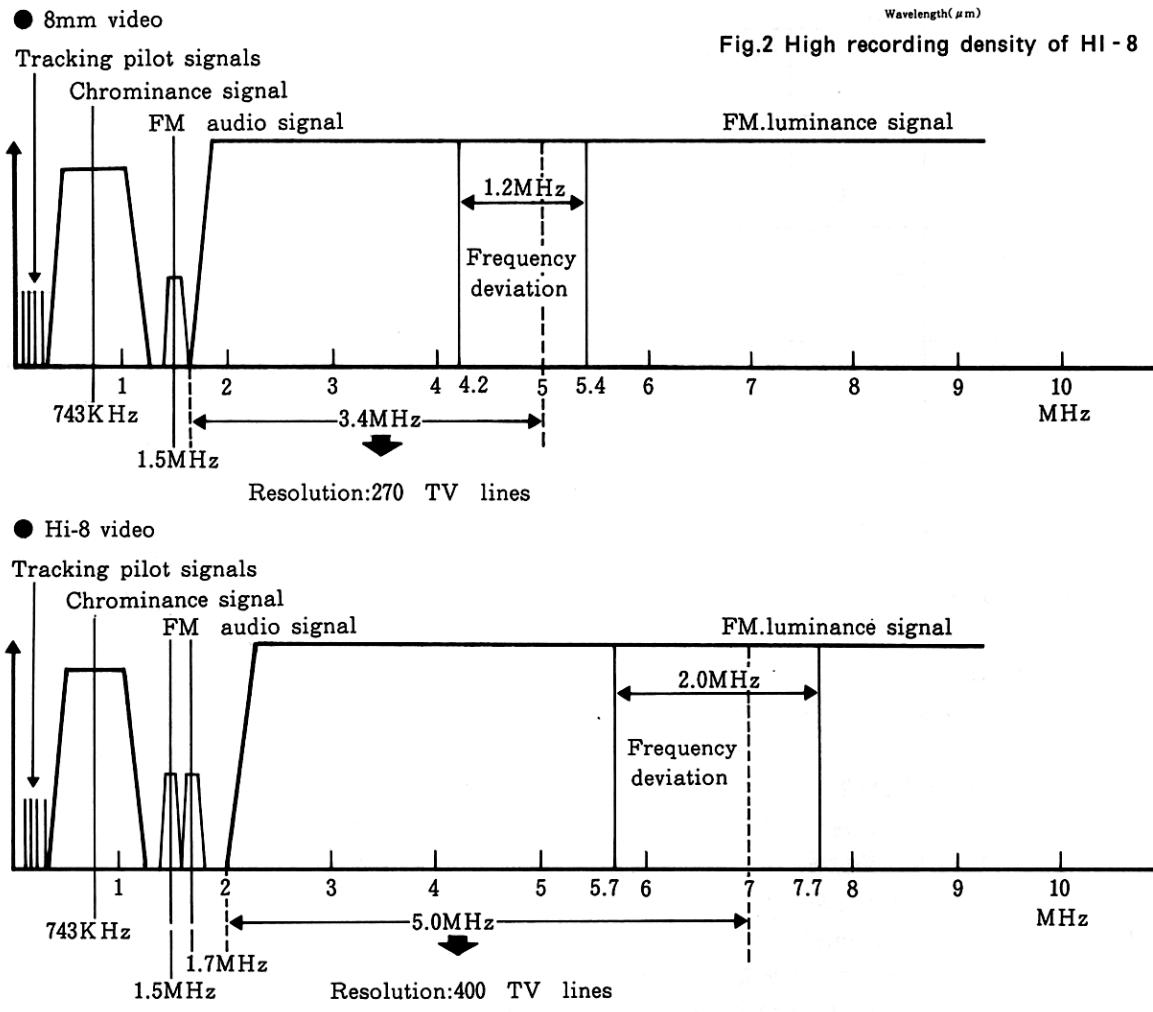


Fig.1 Expanded resolution of Hi-8

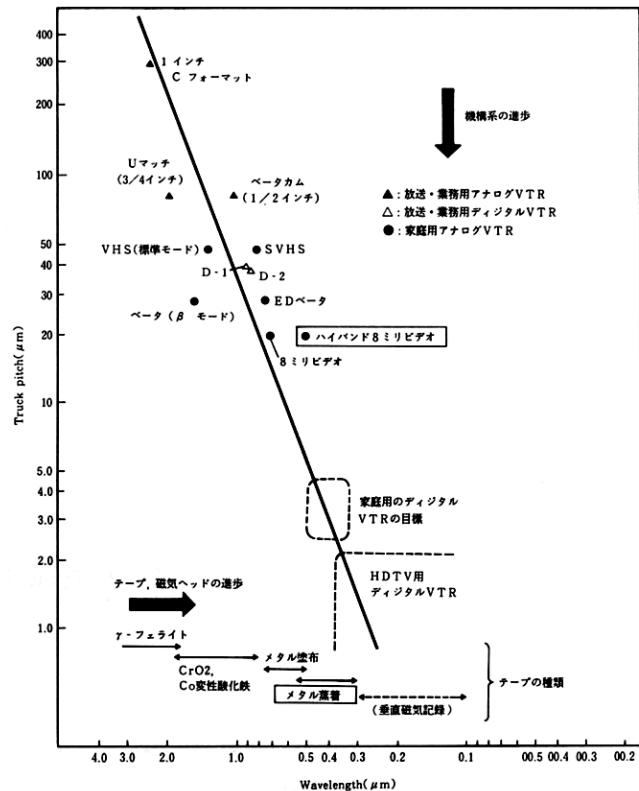


Fig.2 High recording density of HI-8

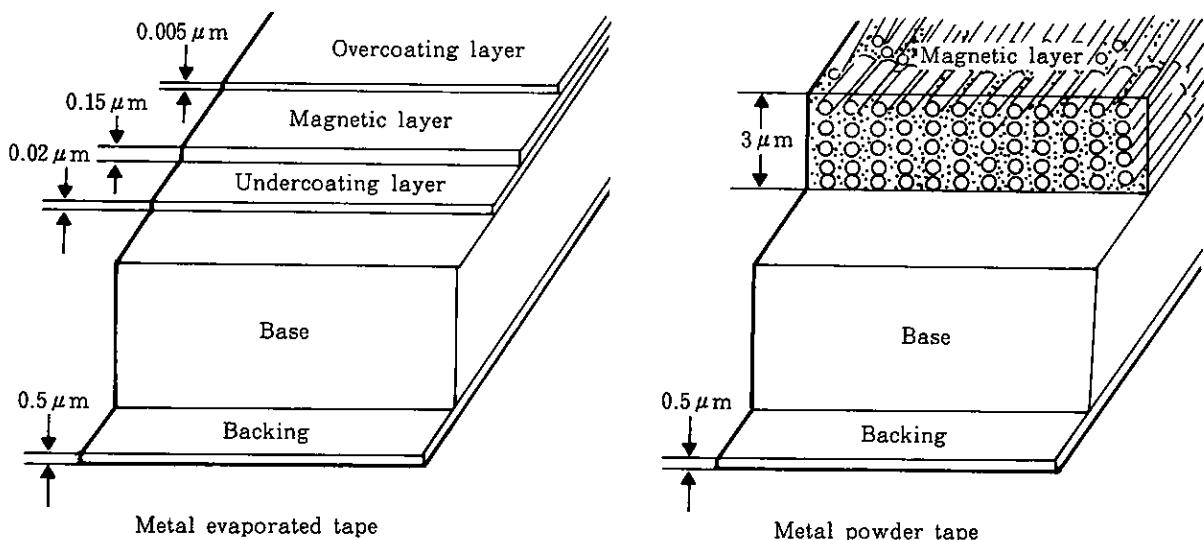


Fig.3 Typical tape structures

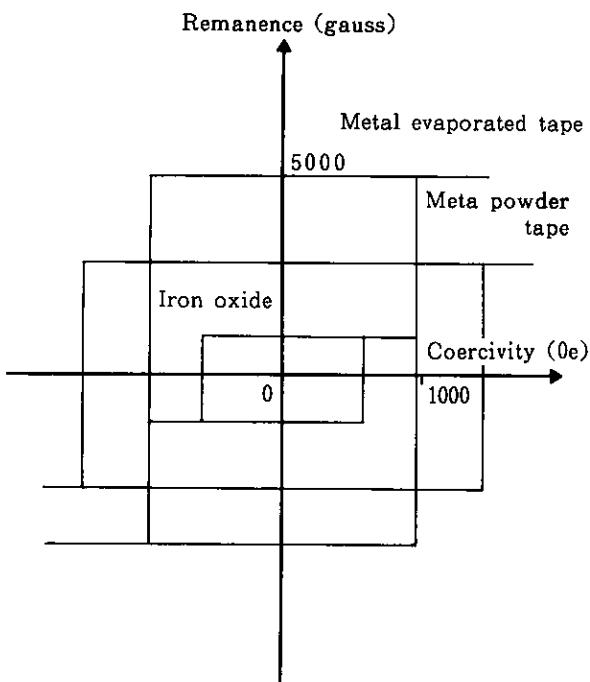


Fig.4 Projected magnetics of metal evaporated tape

1.2 蒸着テープとは

Fig.3に蒸着テープとメタルテープの構造をFig.4には磁気特性の概略を示す。

メタルテープは3層構成（磁性層、ベース層、バックコート層）が一般的なであるのに対し、蒸着テープは、5層構成（オーバーコート層、磁性層、ベース表面処理層、ベース層、バックコート層）を取っている。

磁性層厚は、メタルテープが3.0μm程度であるのに対し、蒸着テープは0.15μmとメタルテープの1/20程度であり非常に薄い。しかし磁気特性は、残留磁束密度が大きくメ

タルテープを大幅に凌ぐ優れた特性を有しているのが特徴である。

このように優れた磁気特性は、蒸着テープが100%磁性体からなる薄膜テープであると言う事に起因している。

Fig.5に磁性層の作成法を示したが、メタルテープの磁性層が(A)に示すように、磁性塗液を塗布・乾燥して作成されるのに対し、蒸着テープでは(B)に示す様な真空蒸着装置を用い-20°C以下にベースを冷却しながら、融点1500°C以上のコバルト合金を蒸発させ、直接ベース面上に磁性層を作成する工程をとる。

蒸着テープでは、磁性層の作成すなわち磁性体の作成と言う事になるので作成条件を変える事により、種々の異なる性能の磁性層を作る事が可能である。

当社では、磁性層形成時に斜め蒸着と言う技術を用い且つ酸素を反応させると言う手法を取る事により優れた電気特性と、耐久性を持った磁性層の作成を可能としている。

Fig.6に蒸着テープの製造フローチャートを示した。

蒸着工程の後、オーバーコート層やバックコート層が塗布されるが、この工程では当社固有の薄膜精密塗布技術が活用されている。蒸着テープといえども塗布の技術無しに、製品を開発する事は出来ないのである。

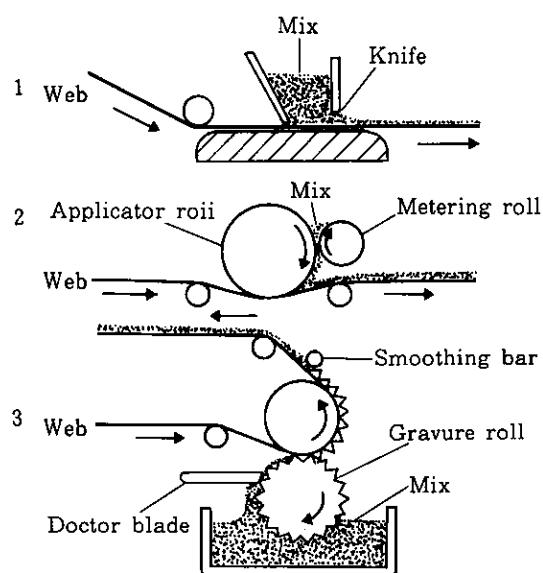
2

電気特性の設計

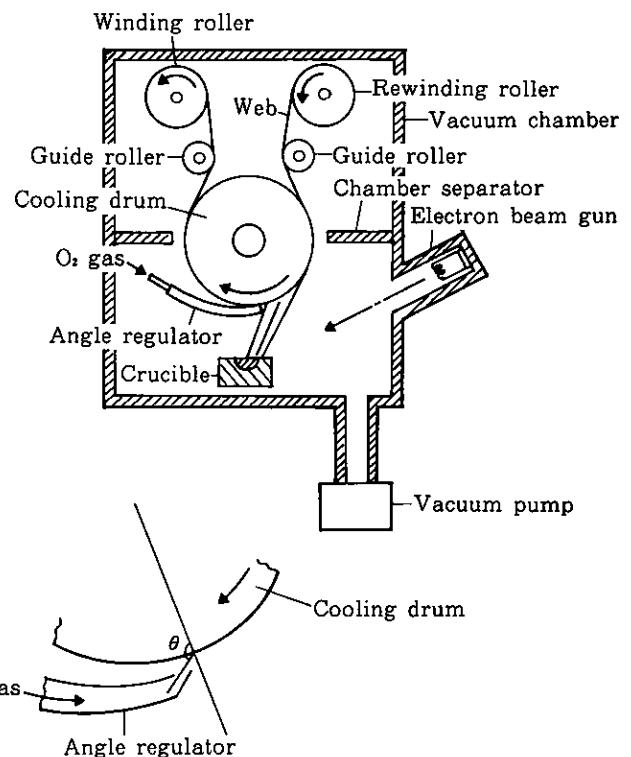
2.1 磁性層の設計・構造

(1) 入射角・膜厚と磁気特性

蒸着テープの磁性層を形成するに当たって斜方蒸着技術を用いることは先にも触れたが、形成時の入射角と磁気特性の関係をFig.7に示す。基本的には入射角の増加と共に保磁力が急速に増加する。



(A) Wet coating



(B) Dry coating

Fig.5 Coating apparatus for magnetic tape

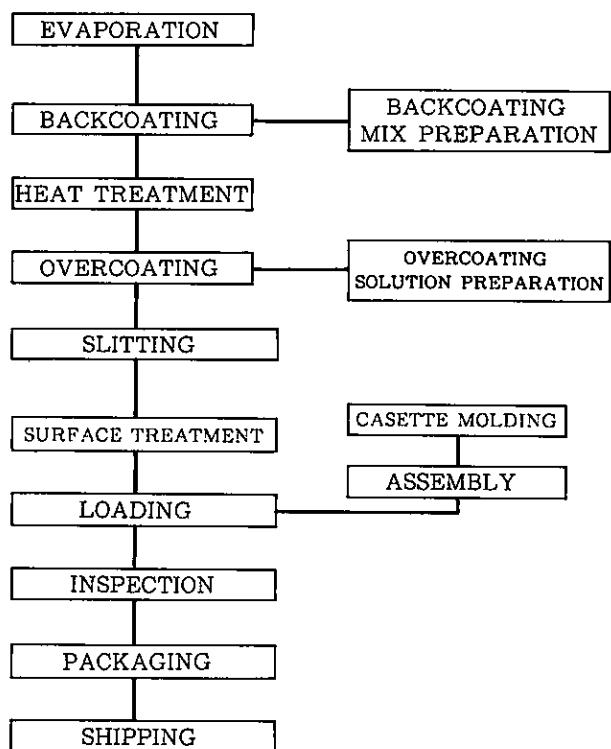


Fig.6 Process flow chart of metal evaporated tape production

Fig.8に、膜厚と磁気特性の関係を示した。膜厚の小さい領域では、膜厚の増加と共に保磁力は増加し、その後保磁力は次第に減少する。

これらより磁性層形成時の入射角と膜厚を制御する事により種々の磁気特性を有する磁性層の形成が可能である。

(2) 酸素導入量と磁気特性、電気特性

当社では、磁性層作成時に酸素を導入する事により磁性層の一部を酸化している。Fig.9にオージェ電子分光による磁性層の深さ方向の元素分布を示す。酸素原子は、表面近傍で多く存在しており、表面近傍には、磁性合金であるCo-Niの酸化物層が形成されている事が判明した。この酸化により磁性層の磁気特性は変化をするが、磁性層の酸化度と保磁力の関係をFig.10に示した。酸化が進むに従って保磁力が急激に増加していく。

この様に形成した磁性層を有する蒸着テープの電気特性をFig.11に示した。図は4.5MHzの信号を記録したテープの再生信号のスペクトルであるが、酸素導入法により酸化された磁性層を有するテープでは、低周波数側のノイズが劇的に減少している。

この様に磁性層を酸化する事により磁気特性と電気特性を著しく改善する事が出来る。Fig.12に磁性層の酸化度と電気特性の関係を示した。酸化度の増加により電気特

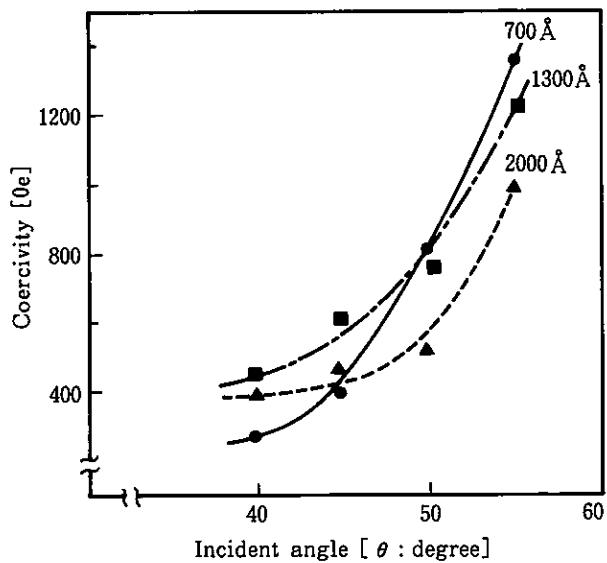


Fig.7 Dependence of coercivity on metal vapour incident angle at various magnetic layer thicknesses

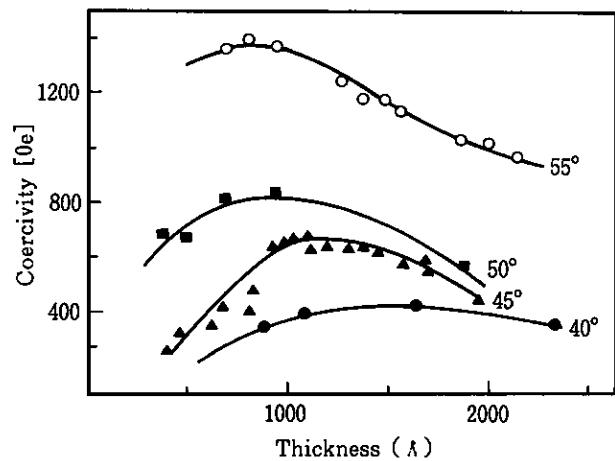


Fig.8 Dependence of coercivity on metal layer thickness at various metal vapour incident angle

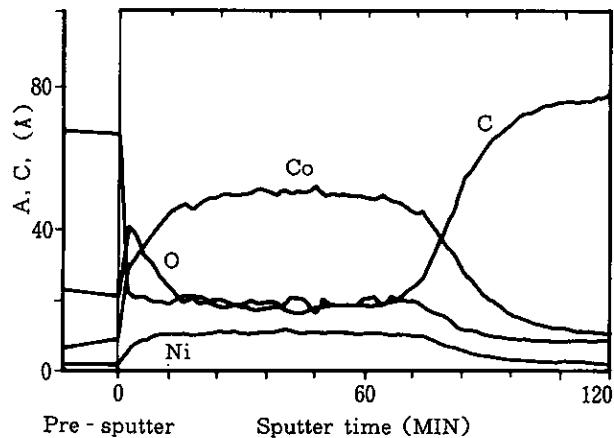


Fig.9 Magnetic layer depth profiles (Auger electron spectroscopy)

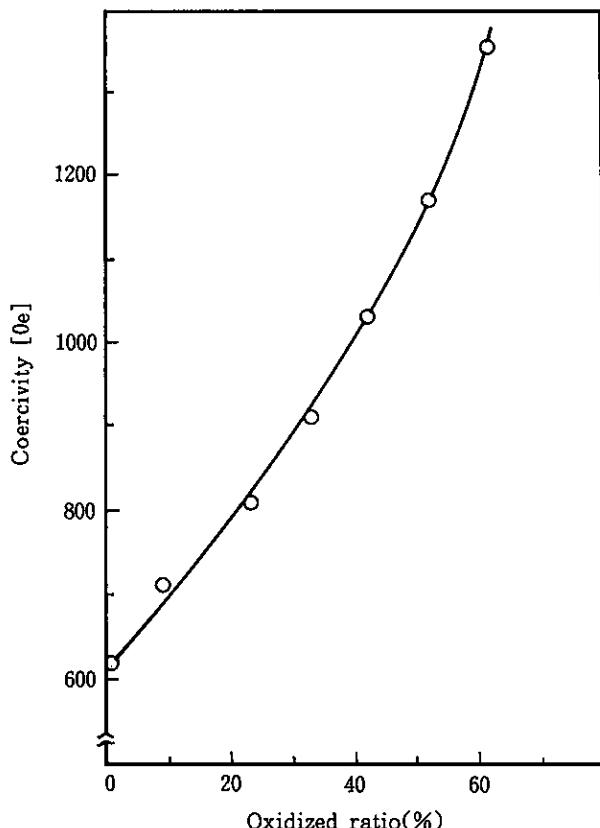


Fig.10 Coercivity's accelerated increase with the ratio of magnetic layer oxidation

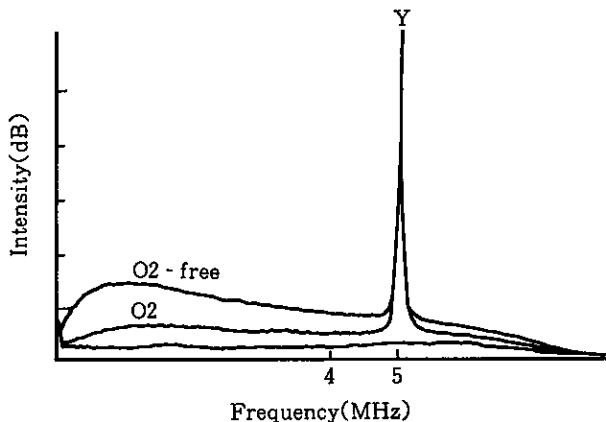


Fig.11 Enhanced noise level reduction through partial oxidation of magnetic layer

性を向上させ極大値に至るが、更なる酸化度の増加はかえって電気特性を悪化させている。これは、酸化度の増加によるノイズの低下と出力の低下と言う現象が同時に起きるためと考えられる。

以上述べた様な条件を組み合わせる事により必要な特性を有する磁性層を設計していく事が可能である。

2.2 表面粗さと電気特性 — スペーシングロスと出力
磁気テープの電気特性を設計するに際し重要な要因にスペーシングロスの問題がある。

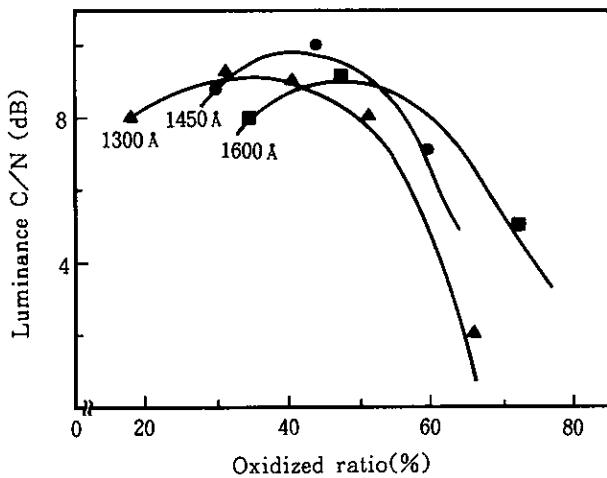


Fig.12 Maximizing luminance C/N through optimal oxidation of the magnetic films: at various film thickness

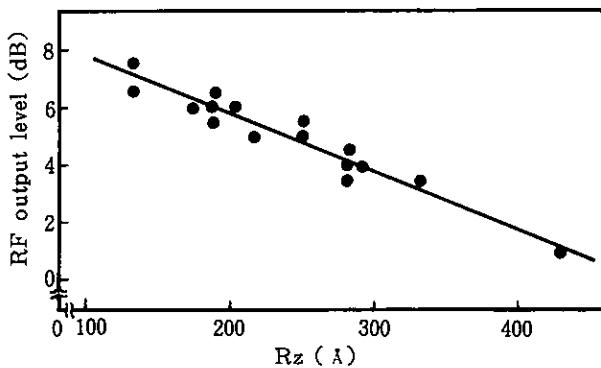


Fig.13 Luminance signal level depression by increase of surface roughness

スペーシングロスとは、記録用磁気ヘッドとテープに間隙が存在する事により、記録、再生時の信号の損失が生じる現象である。一般に、ヘッドとテープの間隙が大きくなれば、磁気的相互作用は小さくなる為、信号の損失は大きくなる。

デッキ内では、ヘッド-テープ間の間隙の大きさは、ほぼテープの表面粗さに等しいと考えられ、スペーシングロスは粗さの関数となる。Fig.13に、輝度信号の出力レベルと表面粗さ (R_z) の関係を示した。粗さの増加に伴い出力レベルが漸次減少していく。減少の程度は、記録波長と間隙の大きさに依存しているが、従来から知られている近似式

$$\text{スペーシングロス} = 54.6 \left(\frac{d}{\lambda} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

d : 間隙の大きさ λ : 記録波長

には従わず

$$\text{スペーシングロス} \approx 100 \left(\frac{d}{\lambda} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

となっている。

この実験式と前節で述べた磁性層の特性値から最適な

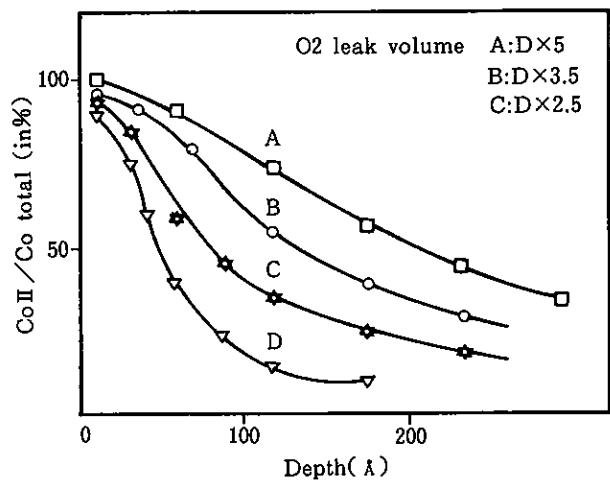


Fig.14 Depth profiles of oxidized cobalt species (X-ray photoelectron spectroscopy)

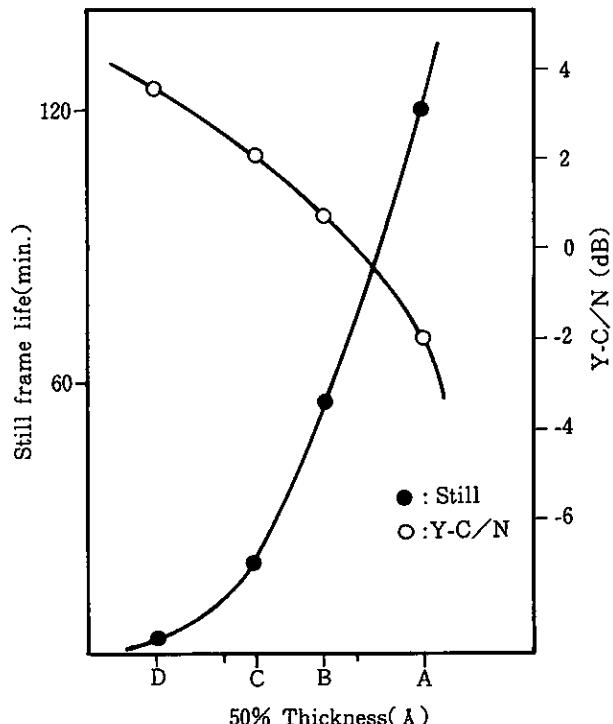


Fig.15 Still frame life vs.luminance C/N: effect of oxidized region thickness

表面粗さの選択と、磁性層の作成条件を決め、電気特性を、最終的に必要とされるレベルに合わせてテープ設計を行った。

3

耐久性の改善

3.1 磁性層の高耐久性化

蒸着テープの磁性層は非常に薄く $0.1\mu\text{m}$ のオーダーである事に関しては先に述べた。この様に薄い金属膜は、何

も加工を施さなければ瞬時に傷つき破壊される。この為、蒸着テープをVTRに用いる場合には、耐久性の確保という問題が重要な問題となる。

前節に於て、磁性層を酸化する事により電気特性を著しく改善できる事について述べたが、この手法は耐久性改善に関しても極めて有効である。

Fig.9で示したような表面近傍の酸化物層の状態を、種々の異なる酸化度のテープに付いてESCA法により細かく解析した。その結果をFig.14に示す。縦軸は全コバルト量に対する酸化されたコバルト量の比を表わし、横軸は膜厚方向の深さを表わしている。Aが最も酸化が進んだ状態で、B、C、Dと酸化度は減少していく。この皮膜は、酸化が進むと次第に厚くなり耐久性を増加させると同時にスペーシング增加による電気特性の劣化を生じさせると言う二律背反した状況を呈す。Fig.15にはFig.14に示した酸化度の異なるサンプルの耐久性及び電気特性の関係を示した。VTRでは、適用しようとするシステムに依って必要とする耐久性のレベルが異なる為、そのレベルに応じて電気特性とのバランスを考えた最適なテープ設計が行なわれる。

3.2 表面粗さと摩擦係数・耐久性

磁気テープは、デッキの中で走行する際に、走行ガイド

ドピンやヘッドに接触し様々な圧力や力を受ける。つまり接触する表面の形状は、テープの耐久性を考える時には重要な因子の一つとなる。Fig.16に蒸着テープの表面写真及び表面粗さ計により測定したチャートを示す。テープ表面には脈状に突起が形成されてこのピッチは、チャートから、高さが 200 \AA 程度ピッチが $1\mu\text{m}$ 程度の凸凹である事が分かる。この様な表面の凸凹の大きさと耐久性の関係をFig.17に示した。図から分かるように静止画(スチル)の寿命は表面粗さの大きい物では著しく向上している。この様に表面粗さのコントロールにより、耐久性の改善を行った。

4

信頼性の確保

4.1 ドロップアウトとヘッドクロッグ

ドロップアウトは、信号の欠落により画面の一部が映らなくなると言う現象である。標準的な大きさのドロップアウトでは、出力レベルの低下が 16dB (約 $1/6$)以上となる部分が $15\mu\text{SEC}$ の間続く程度であるから、映らなくなると言っても一瞬の事で、実際には白または黒の点が画面上を走っている様に見える。

ドロップアウトは、テープ上の微小突起、ゴミや付着物がテープヘッド間隙を一瞬大きくするため、スペーシングロスが増大する事により誘起される。

一方ヘッドクロッグとは、記録または再生時に磁気ヘッドのギャップ部に汚れが付着し信号の大幅なレベル低下が生じ、画面の一部が映らなくなる現象を言う。しかしこの場合は、ドロップアウトと違って軽い物でも画面全体に白い斑点が雪が降るように発生するスノーノイズが発生したり、ひどくなると画面の $1/2$ 以上が見えなくなる状態となる。また発生している時間も長く数秒から長いものでは数分以上に及ぶ場合がある。

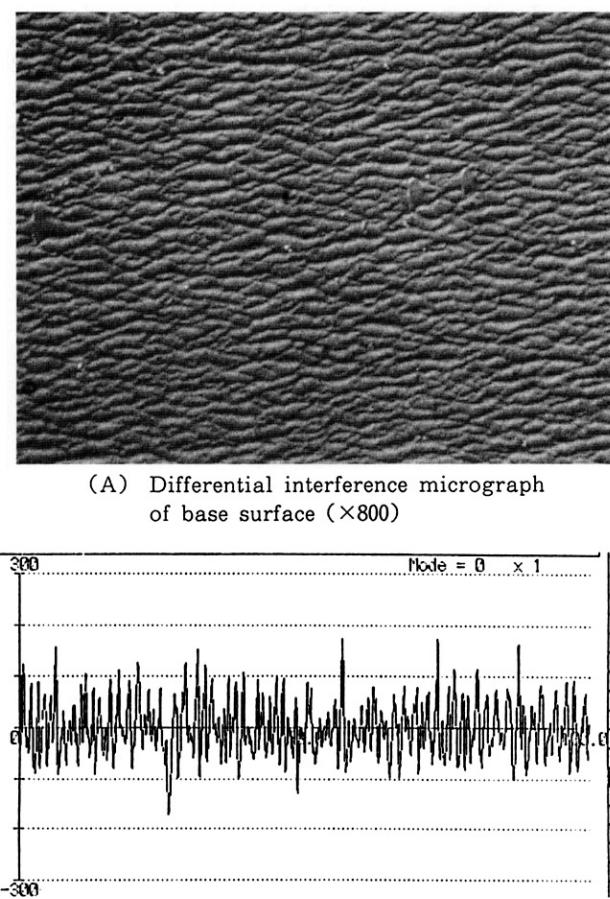


Fig.16 Base film surface contour

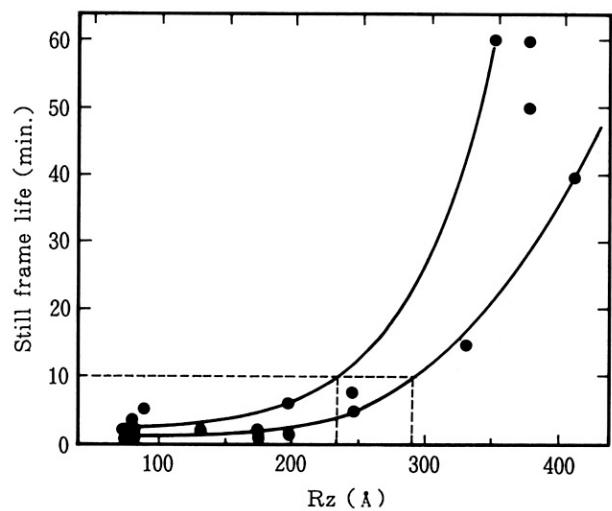


Fig.17 Dependence of still frame life on surface roughness

これらの現象の発生は、見る者に対し著しく不快感を与える。

4.2 ドロップアウトの低減—スペーシングロスとの関係

ドロップアウトは16dB以上の出力低下によって発生する現象であるが、どの程度の大きさの突起や付着物に依って発生するのか、スペーシングロスの観点から見積ると、式(2)から

VHSで $0.20\mu\text{m}$

8ミリで $0.12\mu\text{m}$

Hi-8では $0.08\mu\text{m}$

の高さの突起が有ればドロップアウトとなる事が分かる。

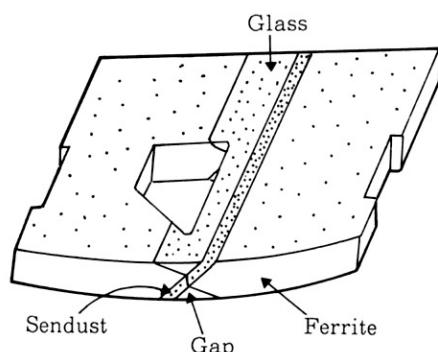
Hi-8の様に小型で高密度な記録が必要なシステムでは、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の極微小な突起、ゴミですら許されない。

このドロップアウトを低減するために

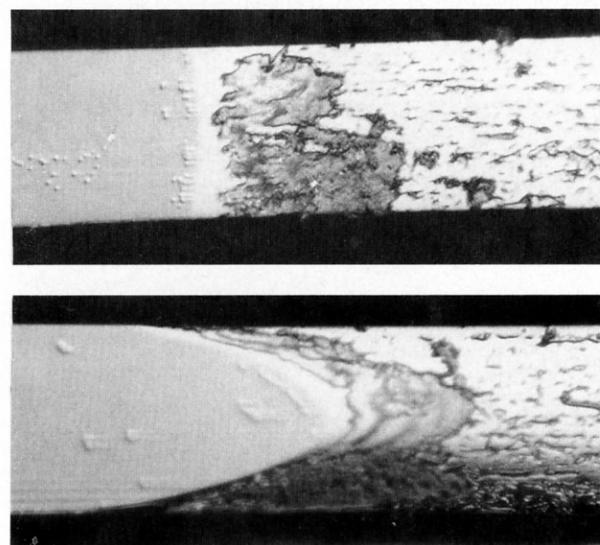
1：表面の平滑化

2：オーバーコートの塗布むら等のイレギュラーの排除

3：テープ付着ゴミの除去・低減



(A) Schematic diagram of MIG (Metal In Gap) head



(B) Head dust

Fig.18 Head structure and typical head dust

4：テープ端面・裏面からのゴミ発生の低減

5：テープの研磨力増加によるヘッド付着ゴミの除去等テープ処方技術、プロセス技術を見直し対策を行った結果、実用レベルに達した。

4.3 ヘッドクロッグの低減——ヘッド汚れと研磨性

Fig.18にテープ走行後のヘッド汚れの写真を示す。テープとヘッドが摺動している前後両端部に汚れは溜っている。この様にヘッド上に溜ったゴミは、テープ上の突起に引っかけられたり、テープ表面に再転写する等のきっかけを得てヘッドのギャップ部に付着しヘッドクロッグを発生させる。

よって、ヘッドクロッグを低減する為には、

1：テープから発生するゴミの量を減少させる

2：テープ面に汚れの再付着が発生しないようにする

3：ヘッド面上の汚れを削り取って除去する

4：工程付着ゴミをなくす

等の対策を取る必要がある。

Fig.19には、汚れ発生源として主な寄与をしているバックコート層の耐久性とテープ表面へ再付着した汚れの量を示した。バックコート層の耐久性を改良したテープでは、テープ表面への汚れの再付着が少なくなっている。

Fig.20に、磁性層表面のオーバーコートの処方適化により汚れの再付着の状況が改善する事が示されている。

Fig.21に、ベース表面の模式図を示したが、図に示されるようにベース中にフィラーを添加しそのフィラーをベース表面に一部露出させる事により研磨力を増加させた。この結果ヘッド上に溜るゴミを削り取りFig.22に示す様にヘッドクロッグの発生を抑える事が出来た。これらの対策を施す事により、ヘッドクロッグの発生を抑え実用化レベルに達した。

5

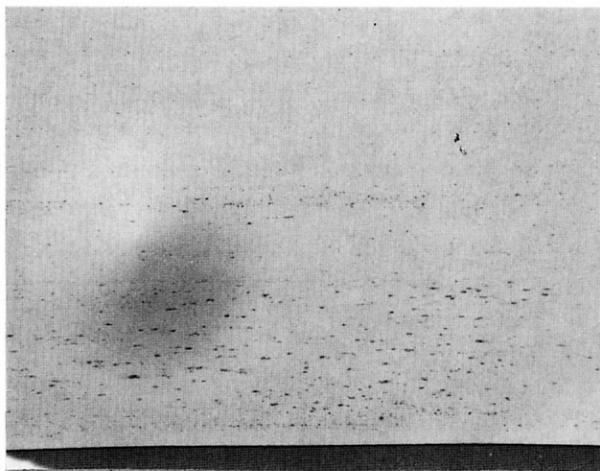
セットとのマッチング

2章から4章では蒸着テープの電気特性、耐久性、信頼性の確保をどのような技術手段より行うかに関し、述べた。基本的には、このような技術の最適化により、テープの設計を行ったが、実際にはデッキに使われる部品の材質、特性により実用特性が大きく左右される為、デッキの特徴に合わせたテープの設計が必要となる。

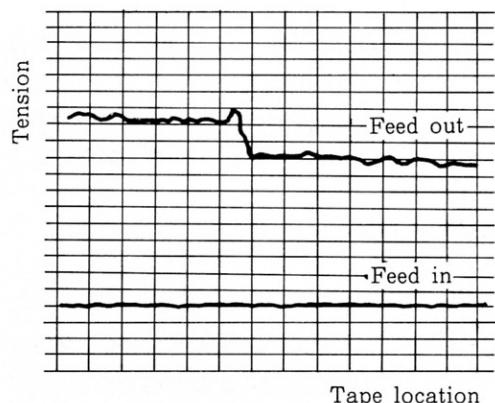
これに關し、Hi-8用テープとして特に開発上問題になった、いくつかの点について述べる。

5.1 ヘッドの偏摩耗とエレクトリカル

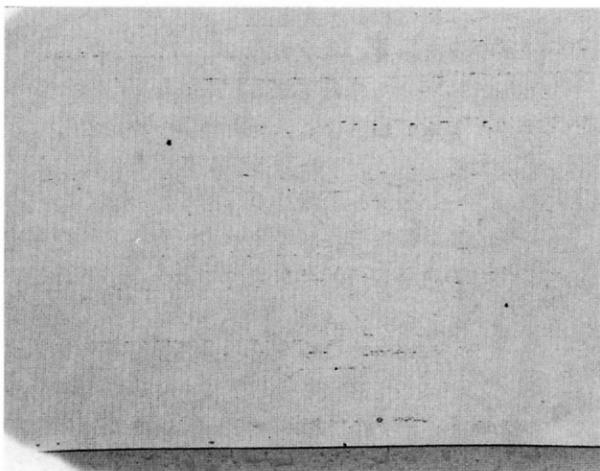
ヘッドの偏摩耗とは、8ミリビデオに使われているビデオ用ヘッドがMIGと言う特別な構造をとっている為に起る現象である。Fig.18のヘッド模式図に示される様に、8ミリ用ヘッドでは、ギャップを形成する部分は金属材料のセンダストから形成されており、コア部は酸化物結晶であるフェライトで形成されている。その為金属部と



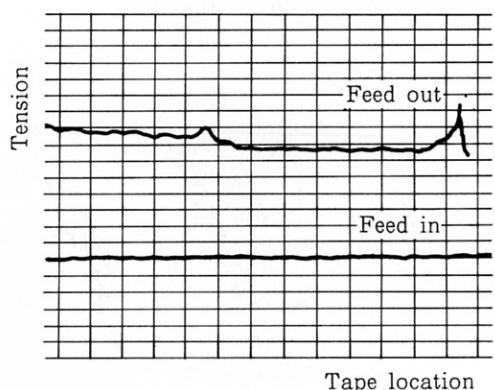
Head-to-tape dust transfer



(A) Interim formulation



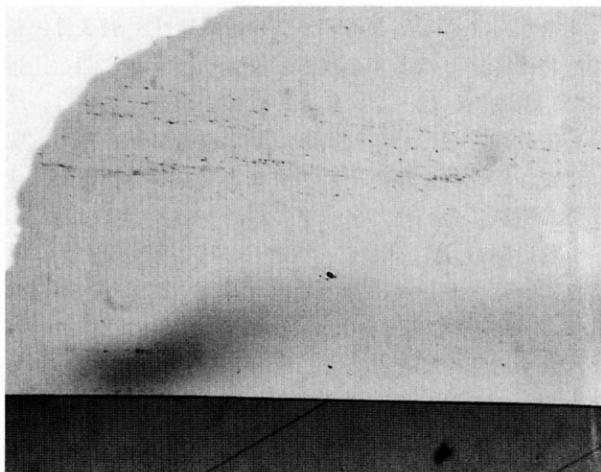
Head-to-tape dust transfer



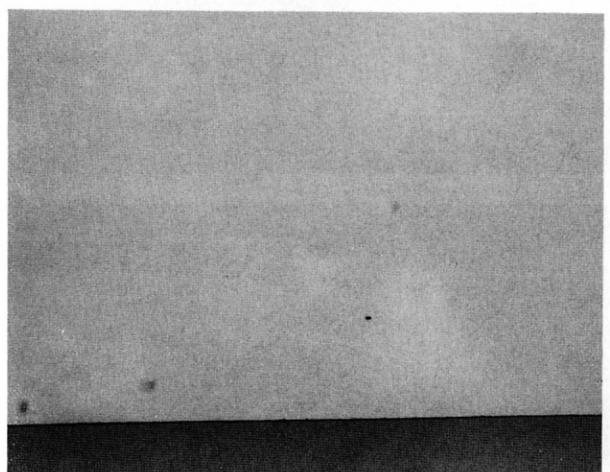
(B) Final formulation

Dynamic friction increase after 200pass

Fig.19 The durability of backing : the effect of head-to-tape dust transfer



(A) Interim formulation



(B) Final formulation

Fig.20 Over coating material:decreased head-to-tape dust transfer

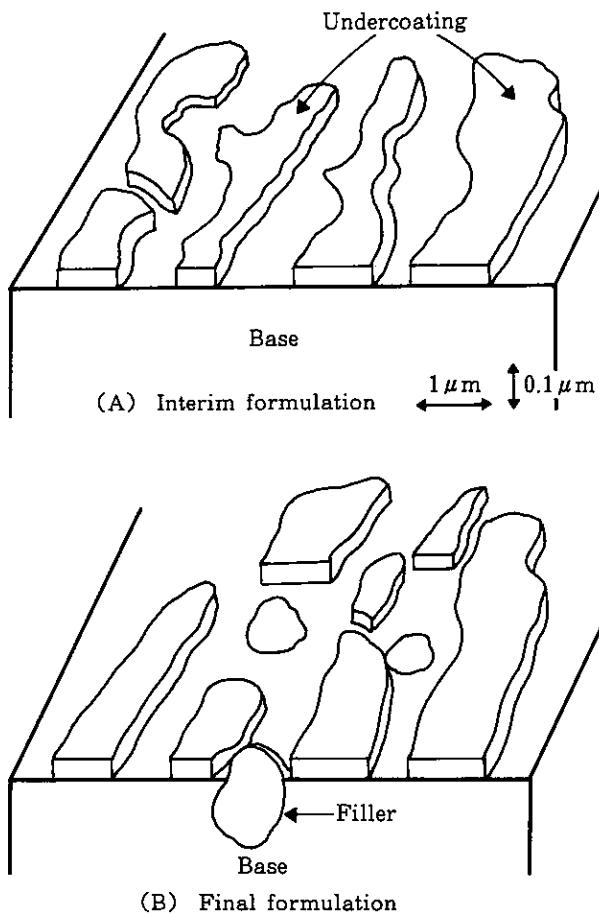


Fig.21 Improving abrasion performance in the base

酸化物部でテープに対する摩耗挙動が異なり、金属部(センドラスト部)の摩耗がフェライト部より早く進行し、ヘッド中に段差が形成される事がある。この現象をヘッドの偏摩耗と呼んでいる。この偏摩耗が起ると、テープヘッド間のスペーシングが大きくなり出力の低下が生じる。

Fig.23にテープ(A)、(B)の突起のヒストグラムを示した。テープ(A)では、偏摩耗が起り2-3dB程度の出力低下を起こしたが、(B)では問題を生じないと言う事が判明した。こ

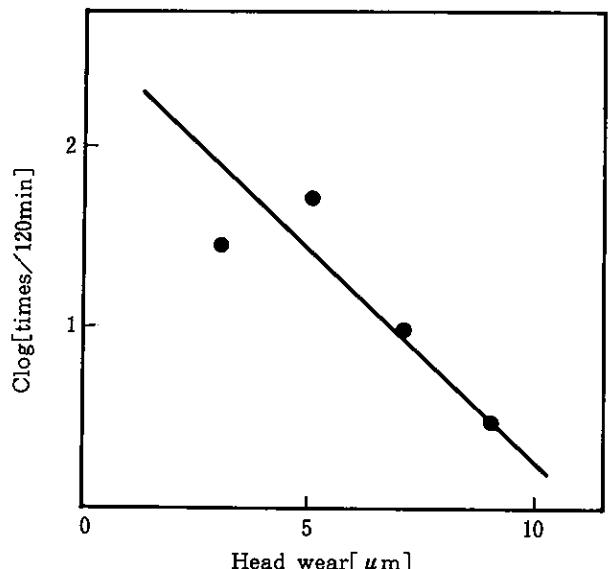


Fig.22 Effect of clog rate on head wear

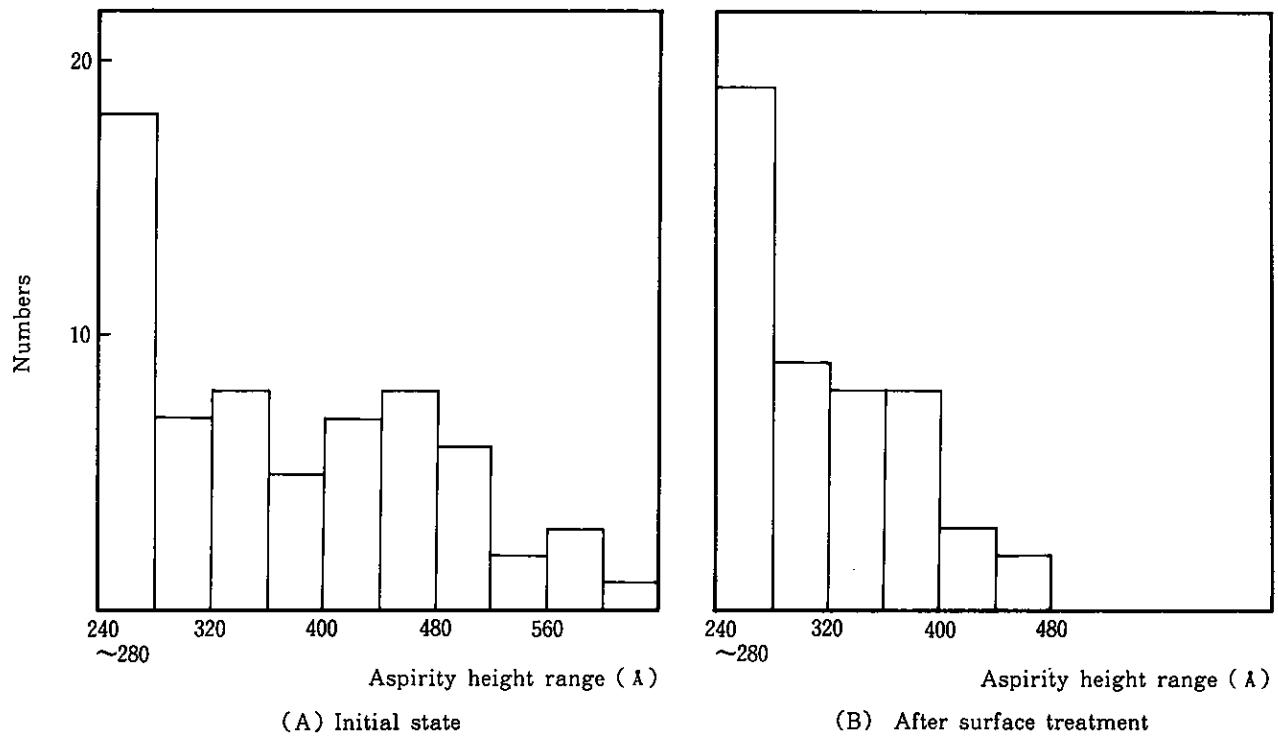


Fig.23 Improved distribution of tape surface asperity height

の為、表面突起の高さ及び頻度を制御し、偏摩耗を防ぐ対策を施した。

5.2 ヘッド摩耗量とセットの寿命

ビデオヘッドは信号の記録再生を担う、いわばデッキの心臓部であるが、デッキの部品の中で、最も激しい摺動にさらされ摩耗し易い部品でもあるので、この部品によりセットの寿命がきまると言つてもよい。

通常のVHSビデオ用ヘッドでは、摩耗の許容範囲は35-40 μm 程度であるが、Hi-8では、20 μm 程度と少ない。この為Hi-8用テープでは、ヘッド摩耗量を通常のVHSテープに比べ1/2以下に減少させなければならない。

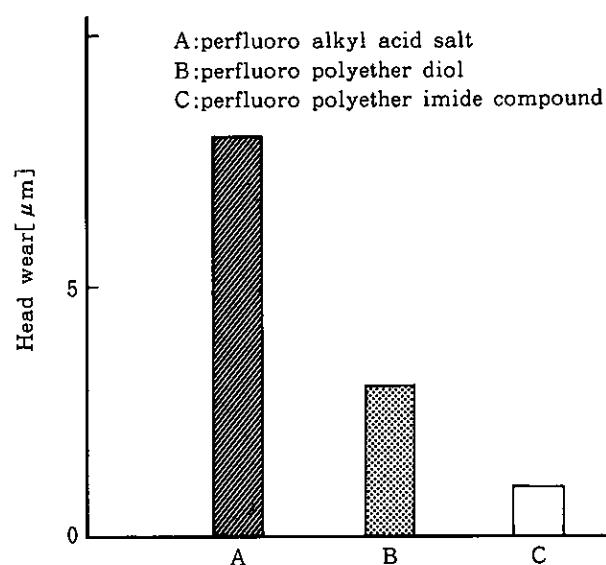


Fig.24 Effect of over coat material on head wear

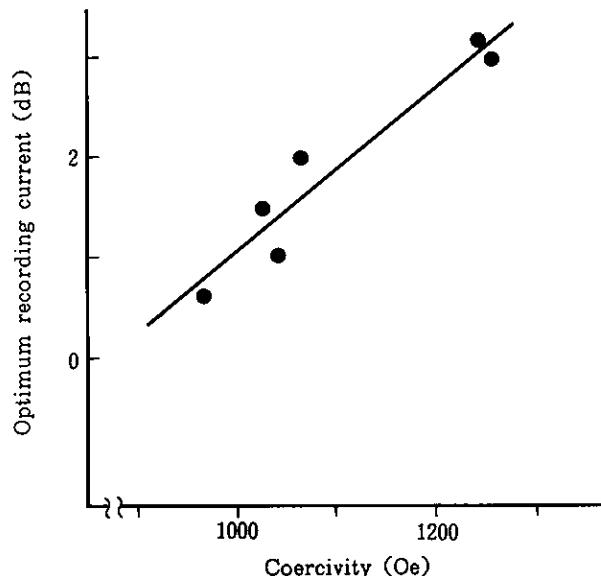


Fig.25 Dependence of optimum recording current on coercivity

これに対応するため、今回の開発に於いては、まずFig.24に示す様にオーバーコート剤の見直しを行なった他、バックコート層の耐久性改良、テープ表面のバーニッシュ法による汚れ除去などの対策を行い実用化レベルを実現した。

5.3 記録電流の適正化

記録電流値は、Fig.25に示した様に磁性層の保磁力と相関がある。Hi-8の規格では、蒸着テープに付いては、メタルリファレンステープに対し1±1dBと言う事になっているので、保磁力を規格に合う範囲で設定した。

5.4 その他

デッキの走行系の設計あるいは走行系に用いられるピンの材質により、テープの耐久性、走行性、テープ鳴き等の問題の解決が必要となるが、今回のHi-8では、動摩擦係数の増加を耐久テスト後、環境条件に於ける湿度増加、低速度走行の何れの条件に於ても小さく抑えることにより対応する事とした。

6 むすび

我々は、斜方蒸着条件、酸素導入条件及びベース面設計の最適化により基本設計を行った後、現実のハードであるHi-8デッキ特有な問題に対応する為の対策を行うことにより、高性能なHi-8用蒸着テープの開発をする事が出来た。

今後に於てHi-8デッキの設計が新しくなり、また多様化した場合には状況に合わせて、当然設計変更はなされるべきであり、テープメーカーとして敏速な対応をし、新製品の開発時に改良項目として取り入れていかねばならないと考えている。

問題となるのは、今後のコニカテープの基本設計を何をポイントとして行っていくかと言う事である。

この点に関しては、まだいろいろと議論する余地はあると思われるが、蒸着テープとしては、高い電気特性は当たり前の事であるし、耐久性があるのはテープとしての前提である事を考えると、これら2つの点を崩さずに信頼性でお客様に答える為の設計を行っていくことが今後の課題と考えている。

さらに、HDTVの時代のための基本技術の開発がHi-8テープの明日を約束する物であると考えている。

7 謝辞

蒸着テープの技術開発に当たっては、まことに多くの方々のお世話になりました。

生産技術センター1研、2研、3研を始めとして
技術研究所分析センター
上機部

第一開発センター

画像システム機器事業部電気設計グループ

株式会社コニカエンジニアリングの皆様には、技術開発に当たり多大なご援助を頂きました。

またここには書ききれませんが、日野事業場内の多くの職場の方々の御助力を頂けました事こそが、今回の開発の大きな部分を支えた力であった事をご報告し、この場を借りまして深く感謝の意を表します。

●参考文献

- 1) 中村健太郎、ビデオコム(1989/3)
- 2) 日経エレクトロニクス(No488,PP129-137,1988)
- 3) 日本放送協会編、VTR技術(1982)
- 4) 佐藤、北村(第8回応用磁気学会学術講演概要集1984)