

日本応用磁気学会
第1回研究会資料

主 題：磁気記録の最近の話題
オーガナイザ

東北大・通研 岩 崎 俊 一
NHK 吉 田 順 作

会 場：湯 島 会 館

昭和52年 5 月 26 日

目 次

磁気記録の最近の話題		ページ
1.	磁気記録の将来に関する一考察 — 垂直形磁気記録の可能性について — 資 料 № 1 東北大学電気通信研究所	1 岩崎 俊一
2.	コバルト添加型酸化鉄 資 料 № 2 富士写真フイルム株式会社	11 北本 達治 笹沢 幸司
3.	デジタル記録用磁気記録の現状と動向 資 料 № 3 山口大学工学部 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所	19 西川 正明 安田 享祐
4.	最近の磁気録画技術 資 料 № 4 NHK 総合技術研究所	27 横山 克哉

磁気記録の将来に関する一考察

— 垂直形磁気記録の可能性について —

A Consideration for the Future Trend of Magnetic Recording System

— The feasibility of a perpendicular magnetic recording —

岩崎 俊一 東北大学電気通信研究所

S. Iwasaki Res. Inst. Elec. Comm., Tohoku University

1. 序

現在のリング形ヘッドを用いた磁気記録方式は、記録媒体の長さあるいは面内方向の残留磁化を用いて、記録・再生を行うことを原理としている。この方式では、記録の高密度化とともに増大する減磁作用の影響を軽減するため、とくに記録媒体の薄膜化と高抗磁力化が必要である。

最近、リング形ヘッドを用いたときの媒体内の減磁作用によって、短波長範囲での残留磁化の強さが低下するだけでなく、媒体断面内において磁化ベクトルの回転を生じ、“回転磁化モード”を形成して信号の再生出力を著しく減少させることが明らかになった。¹⁾ 薄い媒体の最大の利点はこの回転磁化モードの発生を妨げることにあるものと解釈される。

最近の磁気ディスク用媒体等では薄膜化が急速に進められ、膜厚 500 Å 以下の Co 系金属薄膜まで試作されるに至っている。高密度の記録過程における長さ磁化の減磁作用の解釈からも、このような極端な薄膜化と高抗磁力化 (600 ~ 1000 Oe) が必要なことが証明できる。²⁾ しかしこの方法で、将来、さらに高密度化を進めた場合、

a) 薄膜の磁化の境界に現れる鋸歯状の磁壁に基づく記録密度の制限³⁾

b) 薄膜化による 1 ビット当りの残留磁気モーメントの減少に基づく S/N の低下と、膜の均一性の劣化

c) 媒体の高抗磁力化による磁気(記録)ヘッドの飽和現象

などが隘路となり、やがて実用上の限界に達することは明らかであろう。これらはずべて、リング形ヘッドによる長さ(面内)磁化では、信号の記録密度の増加とともに、媒体内減磁界が最大値 42M に漸近するという性質から派生している。

したがって将来の磁気記録方式としては、原理的に、高密度範囲において減磁界が零に漸近するような方式であることが望ましい。筆者はこのような観点から、将来の磁気記録では、現在の長さ磁化以外に、例えば媒体面に対し垂直な磁化モード、断面における回転磁化モードなどの利用をも考えるべきであるという結論を得た。最近実験的に新しい磁化モードを利用できる可能性があることをたしかめたのでその概要を要約して述べる。

2. 高密度記録における残留磁化

磁気記録は、1898年、デンマークの V. Poulsen によって発明され、古典的とも言える歴史をもっているが、この方式が持つ高密度、大容量記録の面での可能性の大きさが認識されはじめたのは、磁気録画、コンピュータ・メモリなどへの応用が広がった最近 20 年間のことである。

図1に、コンピュータ・メモリにおける磁気テープ、ドラム、ディスクなどの線記録密度の増加の傾向を示す。¹⁶⁾

現在、さらに高密度化を図るため、記録媒体、磁気ヘッド及びヘッド浮上機構などの面で研究が進められているが、このような記録密度の限界を決めるのは、本質的には、記録媒体の残留磁化分布である。次にその高密度記録時における特徴を要約して述べる。

2-1 媒体断面におけるベフトル磁化分布

リング形ヘッドによる記録磁界は、ヘッド空隙の中心を原点とする半円の等磁界強度線をもつベフトル磁界を与えられる。図2は、モデルヘッドによつて、空隙近傍の磁力線分布を示した鉄粉図形である。

従つてリング形ヘッドによる磁気記録過程は、ベフトル的な磁界と、磁化を用いて解析せねばならないが、理論的な取扱いが難しいため、従来は、右とスカラ磁化(長手)を用いた記録・再生過程の解析が行なわれてきた。

しかし最近、高密度の記録においては、再生出力は媒体のベフトル磁化の性質に著しく影響されること¹⁷⁾が指摘され、¹⁸⁾真の self-consistent 磁化(スカラ量でないという意味)に基づいた記録・再生過程の解析が必要となつてきている。

従来、媒体断面のベフトル磁化分布を求める方法としては、

- a) ヘッド・テープ系の拡大モデルによる実験⁵⁾⁶⁾
- b) Iterative methodによるベフトル磁化の計算⁷⁾⁸⁾

が報告されている。これらの方法は、媒体断面の磁化分布を間接的に求めるもので、記録減磁現象を含むような短波長信号の磁化分布を求めるには、大きな実験(計算)を必要とする。

これに対し、筆者らは、最近、Bitter法によつて実際の媒体断面のベフトル磁化分布を直接観測できることを明らかにした。¹⁹⁾

この方法は、記録したトラックの中央を長さ方向に沿つて切断し、その断面に Fe_3O_4 或いは $MnZn$ フェライト(粒径 $100 \sim 200 \text{ \AA}$) の磁気コロイドを滴下する方法である。予め媒体表面にマニラー膜を接着することにより、媒体の内部、外部の磁束を同時に観察することができる。

この方法で得た Bitter 図形は、磁化の強さを定量的に測定するには適さないが、実際の媒体内における self-consistent 磁化の巨視的な特徴を把握する上には極めて有効である。

図3は、この方法によつて得た Bitter 図形の例を示したものである。いずれも γ - Fe_2O_3 テープにおいて、

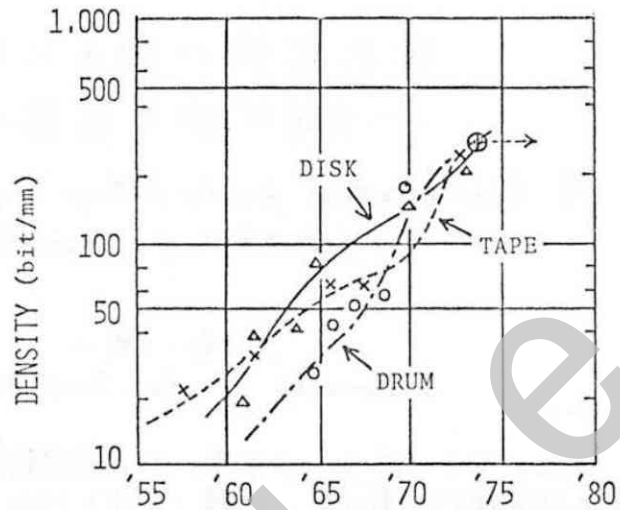
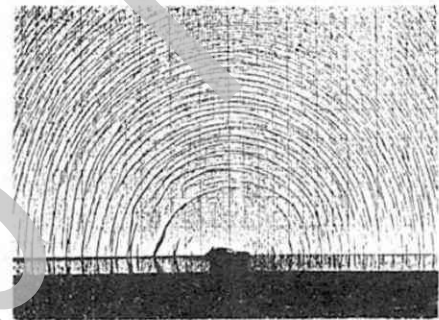


図1 記録密度の経過



→ ← ギャップ長

図2 リング形ヘッド磁界(モデル)

- a) 無バイアス記録で、最大出力を生じたとき ($\lambda = 12 \mu\text{m}$)
 b) AC バイアス記録 (最適バイアス電流) で、最大出力を僅かに越す信号電流で記録したとき ($\lambda = 30 \mu\text{m}$)
 c) 12 ビットの連続 NRZ 信号 (ビット間隔 $4.75 \mu\text{m}$) を用い、前後端ビットの飽和電流で記録したとき

の観測結果である。

ビッター法では、記録媒体の表面磁荷の、体積磁荷 ρ ($-\text{div } M$) の分布範囲にコロイド中の磁性粒子が吸着される。

吸着力の計算⁹⁾によると、表面磁荷のみによる断面の Bitter 図形は媒体内外で対称であり、断面に分布する体積磁荷 ρ が重畳してはじめ境界に対して非対称な分布となる。これは、媒体内がベクトル的に磁化されることに相当する。

また完全な回転磁化モード (dip 点¹⁰⁾) を形成した場合には本質的には divergence free であり、明確な Bitter 図形は観測できない。

以上の関係に基づいて、図3の Bitter 図形は次のように解釈できる。

A) 短波長の正弦波記録

図3 a) から、短波長範囲 ($\lambda/2 < S$) では媒体内に ρ が分布し、媒体はベクトル的に磁化していることがわかる。無バイアス記録では、媒体の表面層が最も強く磁化していると推定される。

また磁性粒子の付着範囲は磁化領域を表わすので、同図から、最大出力を与える記録電流の下での磁化の深さ (有効磁化層厚 S_e) は、ほぼ $S_e \approx \lambda/4$ で与えられることがわかる。これは、短波長範囲での最大出力に関する Middleton の解釈⁴⁾ に一致する。

一方 AC バイアス磁界の効果は、印加磁界と媒体の残留磁化の間の直線性を増し、かつ磁化の深さ S_e を増加することである。

図3 b) において、Bitter 図形の等高線 (磁性粒子の付着層の厚み) がなめらかに変化し、かつほぼ媒体の全厚を磁化していることがわかるが、これは AC バイアス記録の上述のような効果を示すものである。

なお同図において、媒体の中心層付近に不完全な回転磁化モードが存在し、残留磁束が一部媒体内で閉磁路を形成しているのが観察される。このような閉磁路構造を発生すると、媒体の残留磁束の一部は無効となり、再生電圧が低下する。

これが短波長領域における記録減磁作用の解釈であり、完全な回転磁化モードが形成されたとき、再生出力の "dip" 現象を生ずることは既に報告した。¹⁾

B) 有限ビットのデジタル記録

デジタル記録でも、短波長の正弦波信号の記録と本質的な差はないが、有限ビ

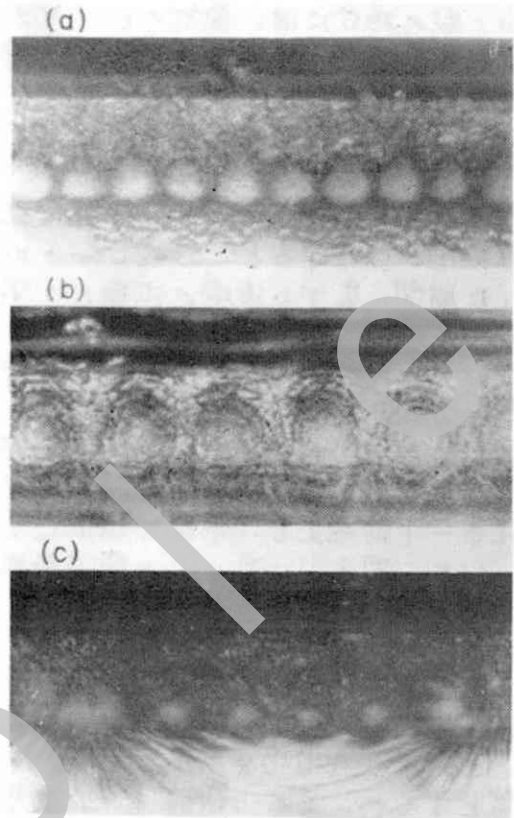


図3 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ テープ断面における Bitter 図形 (テープ厚 $12 \mu\text{m}$)