

氏 名	やま ぎし ふみ お 山 岸 文 雄
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和51年3月25日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程)電子工学専攻
学位論文題目	強磁性薄膜の磁化機構に関する研究
指 導 教 官	東北大学教授 岩崎 俊一
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 岩崎 俊一 東北大学教授 津屋 昇 東北大学教授 穴山 武 東北大学教授 高橋 実 東北大学助教授 中村 慶久

論 文 内 容 要 旨

第1章 序 論

情報量の増大により，大容量かつ安定な記憶機能を有する磁気記録に対して，より一層の記録密度の向上が要求されている。この要求に応えるために，記録媒体として膜厚が 1000\AA 以下で抗磁力の高い薄膜媒体の使用が検討されている。

そのような媒体の記録機構に対しては，今迄，粉末記録媒体に対するのと同様な解析法が適用され，記録特性の説明が試みられてきた。

しかし，薄膜媒体をNRZ信号でデジタル記録したときに記録領域に生じる磁化パターンの最近の観察において，いずれの場合にも従来の理論が全く予期しなかった鋸歯状に磁化が突き合った磁化パターン（以後鋸歯状磁化転移構造と呼ぶ）が発生していることが示されてきた。このような磁化構造の発生原因は未だ明らかでなく，その成因を明らかにすることにより，薄膜媒体の部

分磁化機構の本質を知ることが重要になっている。

本研究は、以上の観点により理論及び実験の両面から薄膜媒体の部分磁化機構を明らかにし、よって高性能薄膜記録媒体の指針を得ることを目的としている。

第2章

本研究では、高抗磁力薄膜媒体として斜め蒸着膜とCo-P化学メッキ膜を用いる。

写真1(A)~(C)は、薄膜媒体をNRZ信号でデジタル記録したときに生じる残留磁化パターンを、ローレンツ顕微鏡で観察して得た写真である。同図において矢印で示した向きが残留磁化Mの向きを示す。これらの観察の結果次のことが判明した。

(イ)残留磁化パターンは、いずれも鋸歯状の磁区境界及びその周りに磁化の回転領域を伴う鋸歯状磁化転移構造であり、その磁化構造は刃の高さ W_f 、刃の角度 θ 、磁化回転領域幅 aW_f で特徴づけることができる。(ロ) W_f は、媒体特性(抗磁力、膜厚、残留磁化)及び記録条件(ヘッド媒体間スペーシング)に依存して定まる。 θ は $20 \sim 90^\circ$ の範囲の値、 a は2近傍の値をとる。

(ハ)Co-P化学メッキ膜では、規則的な鋸歯状磁化転移構造から若干変形した磁化構造をしている。

以上の観察により、薄膜媒体の部分磁化の特質は、面内ベクトル的な鋸歯状磁化転移構造の発生にあることが判った。

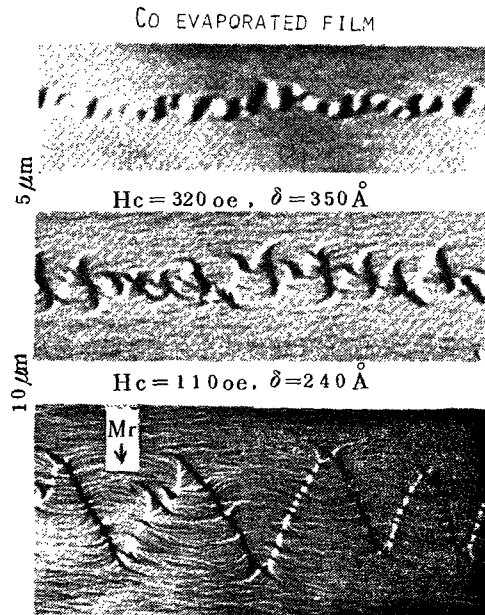


写真1 鋸歯状磁化転移領域

第3章 薄膜媒体の部分磁化機構

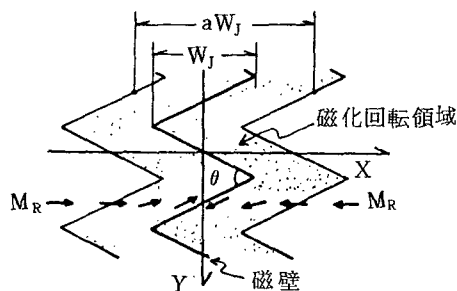


図1 磁化構造のモデル

図1は前章の観察で判明した磁化転移構造の基本形態を模式的に示したものである。この磁区構造をモデルとしてNRZ記録過程を次の二段階に分けることにより、解析的に W_J 、 a 、 θ を求める。

(i) 予め一方向に一様に磁化された媒体にヘッド磁界を印加し、部分磁化反転し、図1の磁化パターンが発生した状態(記録時)を考える。この時は、①ヘッド磁界に起因するエネルギー、②減磁界に起因するエネルギー、③磁気異方性エネルギー、④磁壁エネルギーの4種のエネルギーが存在する。 W_J 、 a 、 θ は、以上のエネルギーの和が極小になることにより決定される。

(ii) ヘッド磁界除去後(残留磁化時)には、減磁界のみが存在する。この時は、刃先位置の減磁界が磁壁抗磁力より、(イ)小さいときは(i)の状態が保持され、(ロ)大きいときは W_J が拡大し再安定状態に落ち着く。

以上の考えに基づいて、(i)、(ii)で定まる W_J 、 a 、 θ を数値解析により求める。その結果、 W_J は記録時のヘッド磁界傾斜 g_H 、媒体の膜厚 δ 、残留磁化 M_r 、異方性磁界 H_K 、磁壁抗磁力 H_{cw} に対して次のように定まることが判った。

記録時の W_J は近似的に次式に従って定まる。

$$W_J = 2.37 (\delta M_r)^{0.58} H_K^{0.1} g_H^{-0.54} \quad (1)$$

残留磁化時には上式に対し次式の制限がつく。

$$W_J \geq (2 \delta M_r / H_{cw}) \text{ht}(a, \theta) \quad (2)$$

ここで $\text{ht}(a, \theta)$ は、記録時に定まる a 、 θ により定まる定数である。

一方、 a 、 θ は δ 、 M_r 、 H_K 、 g_H に依存し、 $a = (1 \sim 3)$ 、 $\theta = (30 \sim 80^\circ)$ の値をとる。

以上により判明した重要な点は、① W_J は(1)式に従って定まる場合(記録減磁)と、(2)式に従って定まる場合(自己減磁)に区別されて定まること、②特に記録減磁で定まる W_J はヘッド磁界

傾斜の平方根に逆比例して定まること、③鋸歯状構造は、系のエネルギーの極小状態を考えるとにより初めて与えられること等である。

第4章 高抗磁力薄膜の磁区構造に関する考察

ローレンツ顕微鏡により、薄膜媒体の磁区構造を観察した結果、いずれの媒体でも縞状の消磁々が観察され、最小の磁区単位としての消磁々区幅 D_w が存在することが判った。この D_w の W_J に対する影響を検討した結果、 W_J は D_w の2倍の値以下にはならないことが判明した。このことは、 W_J の低下が D_w によって妨げられることを意味し、3章の解析が磁区幅の大きい媒体には適用できないことを示している。

第5章 記録特性

まず、3章の解析結果を孤立磁化記録特性を通して実験的に吟味する。

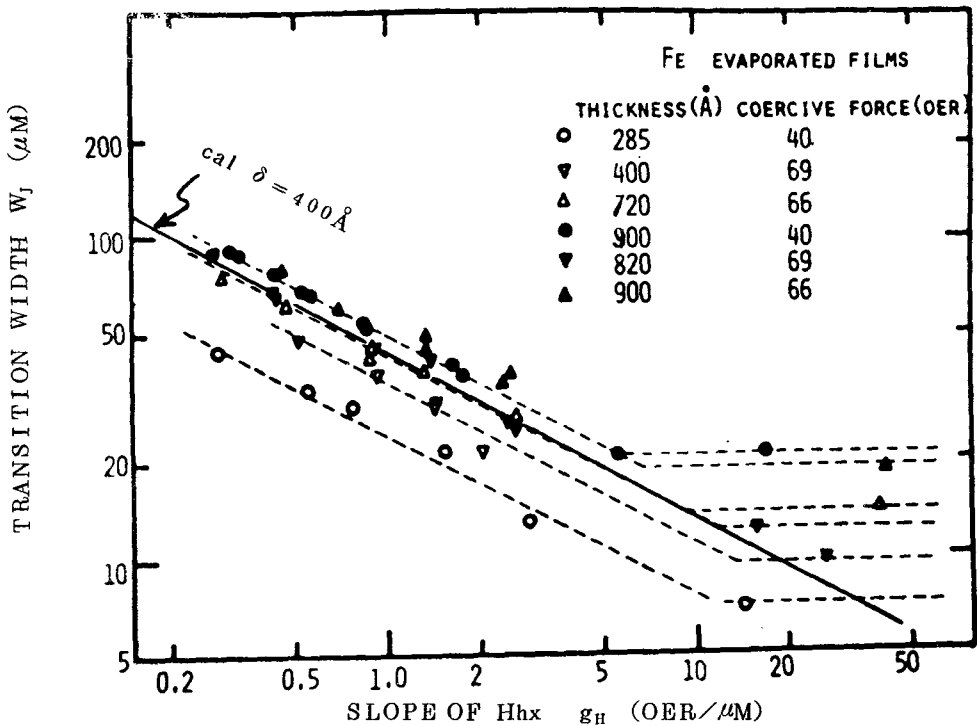


図2 W_J とヘッド磁界傾斜の関係

図2は、実験的に W_J とヘッド磁界傾斜の関係を求めたものであり、媒体の膜厚をパラメータにして得ている。これより、①ヘッド磁界傾斜の増大に従い W_J はほぼその平方根に逆比例して小さくなり、②更にヘッド磁界傾斜を増すと、 W_J は媒体特性のみに依存した最小値に落ち着くことが判る。このことは、解析における記録減磁(1)式と自己減磁(2)式の存在を明確に裏付けている。特に記録減磁に関しては、 $W_J \propto \delta^{0.58}$ 等の傾向を含め、解析は実験傾向を極めてよく説明している。図3は、自己減磁における W_J と媒体因子 $\delta Br/Hc$ の関係を示したものである。解析には係数の不一致を除き $W_J \propto \delta Br/Hc$ の傾向を説明している。

ついで連続記録特性を通して高密度記録の展望を行った。本研究の解析結果を利用すると、記録過程のみを考慮すると10万BPIの記録密度が可能であるが、再生過程、S/Nによりこの記録密度は低下するとの結論を得た。

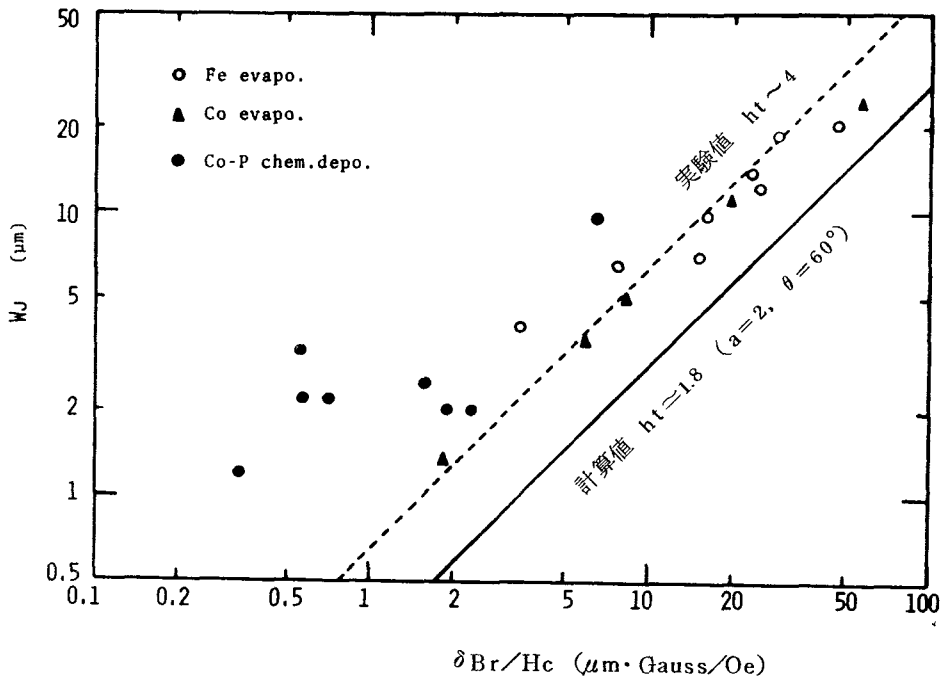


図3 W_J と $\delta Br/Hc$ の関係

第 6 章 結 論

本研究では、 1000\AA 以下の膜厚の薄膜媒体の部分磁化機構を理論，実験両面から検討し，次の点を明らかにした。

- (1) 薄膜媒体の部分磁化の特質は，面内ベクトル的な鋸歯状磁化転移構造の発生にある。
- (2) この磁化構造は，主として減磁界及びヘッド磁界に起因するエネルギー，異方性エネルギーの3つの相互作用によりエネルギーの極小状態として定まる。
- (3) 刃の高さは，ヘッド磁界傾斜に依存する記録減磁作用及び媒体特性のみに依存する自己減磁作用の2つに区別されて定まる。

この結果，記録過程に限れば，薄膜媒体により充分大きな記録密度が期待できるとの結論を得た。

審査結果の要旨

磁気記録においてとくに重要な研究課題は、記録媒体上での情報の密度を増して大容量化をはかることである。高い抗磁力をもつ磁性薄膜は、現在用いられている微粉末を塗布した媒体に較べて、減磁作用を軽減することによって情報の密度を増加できることが期待され、各方面で実用化が進められている。

本論文は、このような薄膜媒体の磁化機構を、磁気記録した際に現れる薄膜に特有な鋸歯状の磁化転移構造に着目して解析し、さらにこれに基づいて薄膜媒体の記録性能の評価法を与えたもので、全文6章よりなる。

第1章は序論である。第2章は、鋸歯状の磁化転移を示す磁化機構について実験的に研究したもので、先ずこの磁化構造が磁性薄膜を磁気記録のように部分的に磁化したときに生ずる一般的形態であることを確かめ、次いでその刃の高さ、刃の角度および磁化回転領域の幅を決める要因が、磁界分布の傾斜および薄膜定数（抗磁力、異方性磁界、膜厚）であることを明らかにしている。

第3章は、磁性薄膜の部分的な磁化反転機構について理論的解析を行ったものである。磁性薄膜に磁界を加えた時および磁界を除去した後のそれぞれの過程について、静磁、異方性、磁壁の各エネルギーを考慮して解析し、鋸歯状転移における刃の高さ、刃の角度に対して前章の諸結果を裏付ける計算値を得ている。とくに刃の高さの決まり方について、磁界分布の傾斜に依存する効果（記録減磁）と、媒体定数のみに依存する効果（自己減磁）を理論的に分離できたことは、重要な成果である。

第4章は、磁性薄膜の磁区構造が上述の磁化転移に及ぼす影響を実験的に研究したもので、蒸着法、めっき法による種々の磁性薄膜の消磁状態での磁区幅を観測し、前章の解析が適用できるのは磁区幅が刃の高さの $1/2$ 以下であることを示している。

第5章は、薄膜媒体による実際の記録特性を第3章の手法によって解析したもので、鋸歯状の磁化転移構造が記録の密度の限界を決めていることを示し、その刃の高さをを用いた記録性能の評価法を明らかにしている。第6章は結論である。

以上要するに本論文は、磁性薄膜の部分磁化における鋸歯状の磁化転移構造を研究し、これを磁気記録作用の解釈にまで拡張したもので、高密度記録を実現するための多くの有用な指針を与えており、磁気工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。