

氏名(本籍)	うき　　た　　ひろ　　お　　生　　(愛媛県)
学位の種類	工　学　博　士
学位記番号	工　博　第　3　7　8　号
学位授与年月日	昭和48年3月27日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専門課程	東北大学大学院工学研究科 (博士課程)電気及通信工学専攻
学位論文題目	磁気光学メモリーに関する研究
	(主査)
論文審査委員	教授 岩崎 俊一 教授 津屋 昇 教授 穴山 武 教授 村上 孝一

論 文 内 容 要 旨

はじめに

レーザービームによる熱磁気記録と磁気光再生法を組み合わせた磁気光学メモリ方式は、高い情報密度と短いアクセス時間を兼ねるため、情報処理の分野で磁気記録の性能を高めることが期待され、最近活発に開発が進められている。

現在、この方式による記録媒体はCo-Ni系薄膜、MnBi薄膜など、その熱磁気特性、磁気光学特性が多岐にわたっており、また、これらを記録媒体とする磁気光学メモリシステムの形態も未だ確立されていない。

一方、この記録媒体、メモリシステムを評価する場合には、熱と磁界が共存した場合の開磁路状態における記録機構及び光再生法のS/N、特に媒体ノイズの影響が重要な問題となる。

このため、本論文では、極めて薄く均一な膜を再現性よく作成できる Co-P 化学メッキ膜を記録媒体とし、熱磁気記録機構、磁気光再生機構の解明に重点を置いた解析を行った。

第 1 章 磁気光学メモリ方式の概要

磁気光学メモリ方式は情報処理の分野で情報の面積密度、動作の高速化が期待できる。しかし、現在まで微小ビームを電子的にかつ広範囲に走査する光偏向技術が確立されていないために、本メモリ方式は、媒体を移動するディスク型磁気光学記録装置として、大容量性という機能を果たしつつアクセス時間を短縮することを当面の目的としている。

本メモリ方式による記録の原理は、熱と磁界が共存したいわゆる熱残留磁化取得過程である。従って、記録密度に関連する主なパラメータは以下のものである。

- (1) レーザビームによる加熱温度、媒体上の温度分布及び熱拡散
- (2) 媒体の抗磁力、磁化の温度依存性
- (3) 記録磁界及び記録過程に生ずる減磁界また、磁化に基く偏光面の回転を電氣的に検出すれば、磁化の直流分を含む広帯域の記録情報の再生が可能である。この磁気光再生法の S/N に関連するパラメータは

- (1) 偏光面回転角、反射率、透過率
- (2) 入射光量、検光子設定角
- (3) レーザノイズ
- (4) 媒体ノイズ

などで、差動法を併用することにより S/N の改善を図るのが一般的である。

第 2 章 試作ディスク型磁気光学メモリ装置

磁気光学メモリの基本的記録再生特性を明らかにするため Co-P 薄膜を用いたディスク装置（ディスク直径 200mm）を試作した。装置はビーム入射角 45° の longitudinal 磁気光学系を有し、差動検出法により再生信号を得る。再生分解能は約 10μm である。

記録媒体である Co-P 化学メッキ膜は他の媒体と比較して

- (1) 抗磁力の温度依在性が著しく、かつ高密度記録条件を満足する。
- (2) 極めて薄く均一な膜を再現性よく大量に作成でき、かつ熱的に安定である。
- (3) 磁気光再生によつても十分な S/N が得られる。などの特徴を有し、磁気光学記録媒体としての必要条件を十分に備えている。

第3章 熱磁気記録機構

熱記録ビットの寸法を決める要因の解析には、まずレーザービーム照射の際の媒体温度を明らかにすることが必要である。理論的温度解析では輻射損失、対流損失、ガラス基板への熱拡散などを正確に評価することが困難で、解析値は予想以上に大きな値となる。このため赤外線放射計（空間的分解能 $15\mu\text{m}\phi$ ）によりレーザー集光部の媒体温度を実測した。

ディスク装置による熱記録特性から抗磁力の温度依存性 $H_c(\theta)$ を用いて推定した媒体上の温度 θ は、長波長熱記録（ $120\mu\text{m}$ ）の場合にはこの実測温度とはほぼ等しい。しかし、短波長熱記録（ビット直径 $10\mu\text{m}$ ）による推定温度は図2曲線(A)に示すように、特に短い照射時間で実測温度に比べ著しく小さい。このことは $H_c(\theta) \leq H_w$ の領域のみ磁化反転するという簡単な熱磁化反転モデルが成立しないことを示している。つまり、照射時間が短い場合には熱が周辺に拡散していないため、媒体上の磁化 M 、抗磁力 H_c の分布は急峻であるから、微小ビット記録過程においては、記録磁界 H_w と逆方向の大きな減磁界 H_d が作用し、実効的な反転磁界は $H_w - H_d$ に減小する。

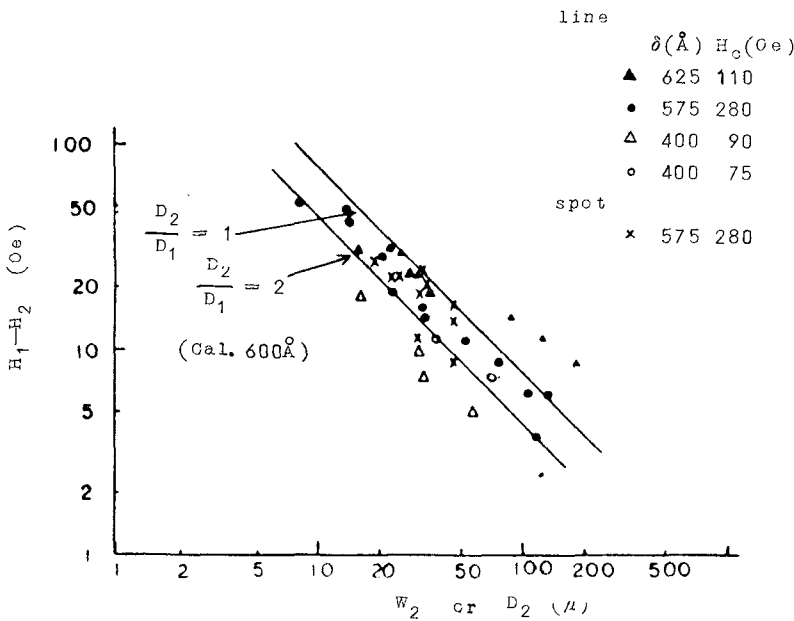


図1 $H_1 - H_2$ と磁化領域中 W_2 ，ビット長さ D_2 の関係

ビット巾 D_1 , 長さ D_2 , 厚み δ の短形ビット中心の減磁界は

$$H_d = 1 b M r \left(\tan^{-1} \frac{D_1}{D_2} \right) \frac{\delta}{D_2} \quad (1)$$

で与えられる。図 1 は平行磁化領域 (巾 W_1) の消去磁界 H_1 とつきあわせ磁化領域 (巾 W_2) の消去磁界 H_2 の差 $H_1 - H_2$ と巾 W_2 , ビット長さ D_2 の関係で、この H_d を実験的に検出した例である。即ち、実測値 $H_1 - H_2$ は $D_2 / D_1 = 1 \sim 2$ とした (1) 式による計算値とよく一致する。

この H_d を考慮した場合の記録媒体上の推定温度は図 2 曲線 (B) となり、曲線 (A) に比べ短い照射時間で実測温度との対応がよくなっている。一方、長い照射時間の場合には、媒体上の H_c 分布がゆるやかになり、 H_d が減少するため、曲線 (B) は同図実測値の飽和の傾向に近づくと推定される。

なお、高密度熱記録機構の解析には後続光パルスが接近した場合、即ち温度の山が近づいた場合の減磁界の挙動を媒体の H_c , M の温度依存性と関連して検討する必要がある。

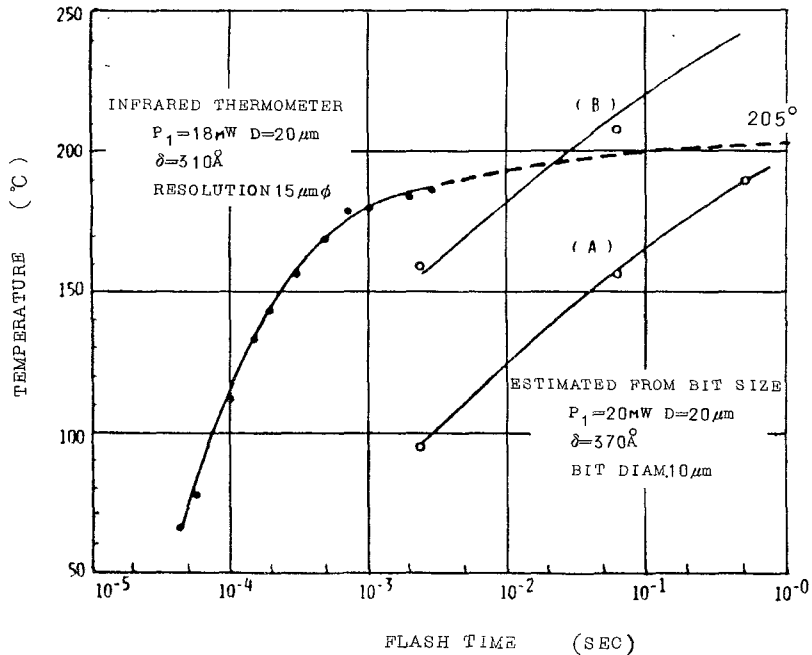


図 2 照射領域の温度実測値と減磁界を考慮した記録
ビットからの推定値
(ビット直径 $10 \mu\text{m}$)

第4章 磁気光学効果による記録情報の再生

磁気光再生法のS/Nを考察するにあたって、まず再生信号出力が理論値とよく対応することをディスク装置により確認した。次に、ショットノイズ、レーザノイズ、媒体ノイズの影響を実験的、理論的に検討し、本再生法における最大のノイズ源である媒体ノイズの除去という観点から解析を進めた。

信号対ショットノイズ比はP偏光によるKerr効果再生では

$$S/N \propto 2\theta_{kp} \sqrt{R_{pp}} \frac{\sin^2 r_a}{\sqrt{\sin^2 r_a + \epsilon}} \quad (2)$$

で与えられ、 $\sin^2 r_a \gg \epsilon$ では検光子設定角 r_a に依存せず一定値となる。ここで θ_{kp} はKerr回転角、 R_{pp} は反射率、 ϵ はextinction比である。

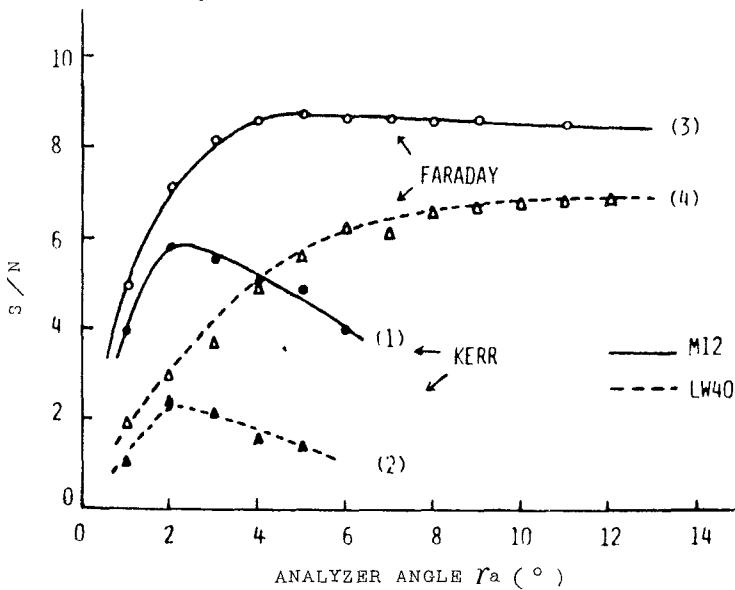


図3 差動法によるS/Nの r_a 依存性

Effective beam diameter: (1) 40 μ m.

(2) 10 μ m, (3) 15 μ m, (4) 10 μ m.

Chem. Dep. Co-P FILM

$H_C = 400$ oer $\delta = 370$ Å

$R_{pp} = 0.51$ $T_{pp} = 0.045$

$2\theta_{kp} = 0.95$ mrad. $2\theta_{fp} = 5.9$ mrad.

しかし、Kerr効果再生と差動法による S/N の実測値〔図3曲線(1)(2)〕は $\gamma_a=2^\circ$ で S/N の最大値を有し、さらに γ_a が増加すると S/N は低下している。このことは媒体欠陥からの反射光は、偏光の不規則な回転を伴う形でdepolarizeされるため、差動法による媒体ノイズの除去が不十分であることを示している。

一方、Faraday効果再生〔曲線(3)(4)〕では、 S/N が著しく向上するだけでなく、 $\gamma_a \geq 5^\circ$ で γ_a に依存しなくなる。従ってFaraday効果再生においては、媒体ノイズはほぼ相殺され、ショットノイズが主要ノイズ源であることを示している。

図4は各種Faraday再生法の S/N の膜厚依存性である。曲線(1)は(2)式において $\theta_{kp} \rightarrow \theta_{fp}$ (Faraday回転角) $R_{pp} \rightarrow T_{pp}$ (透過率)、 $\sin^2 \gamma_a \gg \epsilon$ とした S/N の理論値であり、本再生法における S/N の最大値を示す。曲線(2)(3)(4)は順次、微小欠陥による媒体ノイズ、レーザーノイズが加わった場合の再生で、ノイズの増加に従い S/N が低下しかつ S/N が最大となる膜厚が厚い方へ移行していることがわかる。

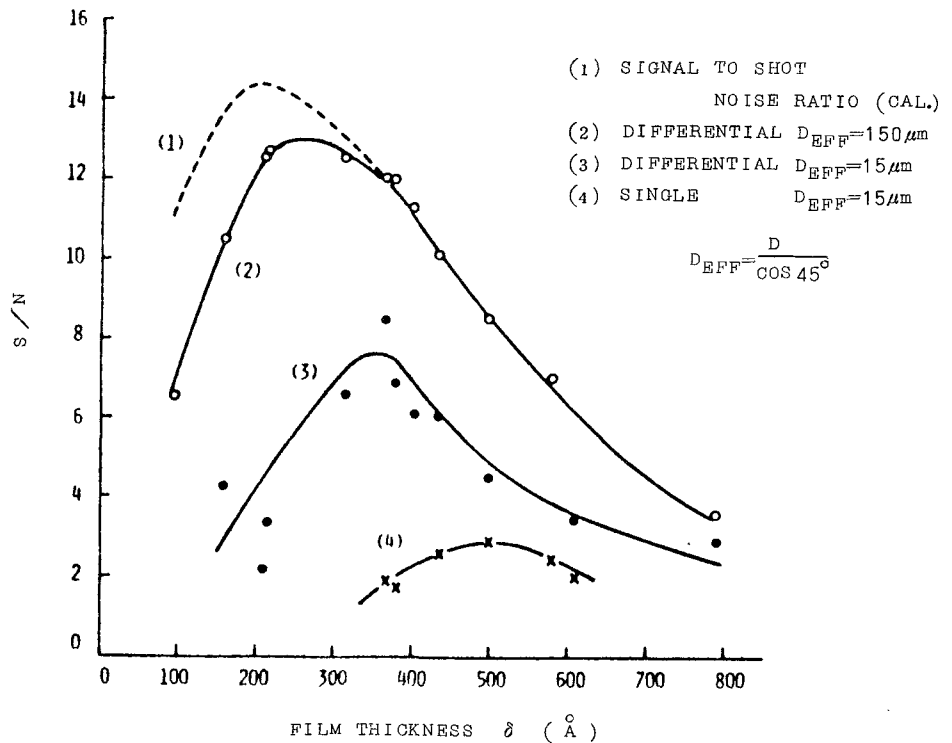


図4 Faraday効果再生の S/N 膜厚依存性

これは媒体厚みが増加するに従い θ_{FP} が増加するのに対し、 T_{pp} は指数関数的に減少し、厚い膜厚では光量 ($\propto T_{pp}$) に比例する媒体ノイズ、レーザノイズが減少するためである。

第5章 磁気光学メモリ方式の考察

以上の結果を捉え、Co-P 高抗磁力薄膜の磁気光学記録媒体としての位置づけを行った。この評価にあたって、種々提案されている記録媒体を記録ビット形成様式、即ち膜面方向磁化と厚み方向磁化に分類し、熱磁気記録、光再生分解能を中心に両者の優劣を論じた。その結果は以下のように要約できる。

膜面方向磁化のCo-P 薄膜と厚み方向磁化のMnBi 薄膜は記録密度は同程度であるが、熱安定性ではレーザ照射による熱損傷のない前者が優れ、光再生のS/Nではpolar 効果を利用する後者が有利である。しかしながら、記録ビット径をさらに減少し、再生のS/Nを改善するためには、媒体厚みを極めて薄くする必要があり、その場合には媒体の均一性と磁気特性の再現性が強く求められる。このような観点から記録媒体を評価する場合には、Co-P 薄膜はより有望な磁気光学記録媒体とすることができる。

むすび

本論文ではCo-P 化学メッキ膜を用いたディスク装置により、磁気光学メモリ方式の熱記録機構から磁気光再生機構に至る基礎的解析を行い、次の諸点を明らかにした。

まず、赤外線放射計によるレーザ照射領域の媒体温度実測値と熱記録特性の関連から、ビットが微小な場合には熱磁化反転モデルに減磁作用を導入する必要があることを指摘した。次に、ビットの寸法を決める要因としての減磁界の効果を熱記録特性及び媒体の磁気特性と関連して検討した。その結果、これまで不明であった熱と磁界が共存する場合の記録機構が明らかになり、高密度熱記録条件としては(1)記録媒体上に時間的、空間的に急峻な温度分布を作る。(2)減磁作用を抑止するため媒体は高抗磁力で薄い膜厚とすることが必要であることを示した。

一方、光再生については媒体欠陥からの反射光は不規則な偏光の回転を伴うため、従来のKerr 効果と差動法による再生では媒体ノイズの除去が不十分であるのに対し、レーザ光の透過可能な極めて薄い膜によるFaraday 効果と差動法による再生により、この媒体ノイズをほぼ相殺できS/Nが著しく向上することを示した。さらに、S/Nの膜厚依存性の解析から、差動法によってもなお残存する微小欠陥ノイズの影響を検討した結果、Faraday 効果再生法における最適膜厚はショットノイズのみを考慮したS/Nの理論的最高値を示す膜厚 (210\AA) よりもいくぶん厚い膜厚になることを明らかにした。

以上の結果を併せ考えると、Co-P 系高抗磁力薄膜は高密度熱記録条件を満足し、かつ極め

て薄く均一な膜を再現性よく作成でき，熱的に安定な記録媒体であることが明らかになり，磁気・光学記録媒体として実用化され得るという結論を得た。

審 査 結 果 の 要 旨

磁気光学メモリーは、電子計算機用メモリーとして実用されている磁気ディスクファイルなどに比べ、記録容量の増加および情報のアクセス時間の短縮などにすぐれた性能をもつことが期待できるため、現在各方面で活発な研究が行なわれている。

本論文はその記録および再生方式についての研究成果をまとめたもので、全文は5章よりなる。

第1章は序論であり、磁気光学メモリーの原理および研究の動向をとくに記録媒体の種類に重点をおいて要約し、本研究では、媒体上の記録密度が高く安定性がありかつ作成法が容易であることから、Co系金属薄膜を記録媒体として用いることをのべている。

第2章では、記録および再生の基本的動作を検討するために試作したディスク形磁気光学メモリー装置と、Co系金属薄膜の諸性質を要約してのべている。本装置は、光ビーム入射角 45° の磁気光学系と直径 20mm の磁性薄膜ディスクからなり、偏光面回転に対し差動検出法によって再生出力を得るようになっている。本章では、これらの光学系の設計指針を確立するとともに、Co系金属薄膜媒体の作成法およびその磁氣的、光学的諸特性を明らかにしている。

第3章では、磁気光学メモリーにおける記録領域の決定要因を解析した結果についてのべている。すなわち照射ビーム径、記録媒体の温度分布および抗磁力の温度依存性等とビット径との関係を検討した結果、とくに微小ビットの記録では加熱過程中に作用する減磁界の影響が著しいことを見出し、これに基づいて熱記録における最小ビット径と記録媒体の磁気特性との関係を明らかにしている。この結果は、熱記録機構の解明とメモリー装置の設計のために極めて有用な知見を加えたものといえる。

第4章では、磁気光学効果を用いた信号検出法についての検討結果をのべている。まず本方式における主要ノイズ源が、記録媒体の不均一性による不規則な偏光回転にあることを確かめレーザー光が透過可能な薄い記録媒体のFaraday効果と差動検出法を併用する再生法によれば、媒体ノイズを著しく軽減できることを示した。ついでこの検出法における光ビーム径と最適膜厚の関係を実験的、理論的に明らかにしている。これらの成果は、この分野に対し注目すべき知見を加えたものといえる。

第5章は結論であり、本研究の結果予想される磁気光学メモリーの方式上の重要問題として、とくに残留磁化が磁性薄膜の面に水平および垂直な場合の得失について論じている。

以上要するに本論文は、磁気光学メモリーにおける情報の記録および再生機構と方式に関する研究を行ない、Co系金属薄膜媒体を用いたメモリー装置の基本的性能を明らかにしたもので、磁気工学の進展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。