

## 光磁気ディスク

解説

小林 政 信\*

## Magneto-optical Memory Disk

Masanobu KOBAYASHI

## 1. 光磁気メモリの概要

光によつて情報を記録する技術は、写真や映画などのように、古くからわれわれの生活に欠かすことのできないものとなつている。レーザービームを光源とする光メモリは  $10^8$  bit/cm<sup>2</sup> というこれまでにない高密度の情報メモリ装置として注目されている。光磁気メモリは光メモリの一種であり、記録の消去・書換えができるものとして特に期待を集めているメモリである。ここでは主として光磁気メモリの記録媒体（光磁気ディスク）について述べる。

## 1.1 光メモリの種類

光メモリは大別すると

①再生専用型 ②追記型 ③書換え型の3種がある。

再生専用型とはコンパクトディスク (CD) やレーザーディスク (LD) などであり、すでに世の中に広く普及しているものである。これは凹凸の形で信号が記録された一種のレコードであり、レーザービームで再生するものである。

追記型というのは、ユーザー自身が情報を記録し再生できるもので、DRAW (Direct Read After Write) や Write Once 型とも呼ばれる。記録媒体は金属膜、ポリマー膜などでできており、 $1\mu\text{m}$  径程度に絞つた半導体レーザービームで記録膜を溶融蒸発させて穴をあけたり、変質させることによつて情報の記録を行う。したがつて記録の消去・書換えはできない。この追記型は種々のファイルメモリとして広く使われ始めている。

書換え型は、追記型と同様にユーザー自身が情報を記録できるが、さらに、記録した情報の消去・書換えができるものである。記録方法は微小に絞つたレーザービームを用いて (穴をあけることなしに) 記録媒体の光、または熱による可逆的な (元に戻りうる) 性質変化を利用する。これらは Erasable-DRAW, Rewritable 等と呼ばれ、光磁気メモリのほかに相変化型メモリ、フォトリソミック、PHB (Photochemical Hole Burning) 等があ

るが、光磁気メモリが最近やつと登場し始め、それ以外はまだ研究段階である。

## 1.2 光磁気メモリの必要性

最近におけるオフコン、パソコンの普及に見られるように、情報処理分野の発達はめざましい。それに伴い、コンピューターにおけるメモリは、大容量化と高速化が要求されるため、超 LSI メモリが開発されている。

一方、データベースの増大に伴い、補助メモリとしての磁気テープ、磁気ディスクの性能向上、またはこれらに替わるものの開発が急がれた。そこで磁気ディスクの10倍以上もの記録容量をもつ追記型光メモリが開発され、大容量コンピューターファイルメモリ、文書情報ファイルなどといった方面に用いられるようになってきた。しかし、追記型メモリはいつたん記録された情報の消去・書換えができない点が磁気メモリより劣っている。そこでさらに書換え性のある光メモリの開発が急がれ、光磁気メモリが登場し始めたのである。

## 1.3 光磁気メモリの特長

光磁気メモリとはレーザービームの力を借りて、1・4に述べる垂直磁化膜に磁気記録を行うものである。したがつて、光メモリの一般的な特長である「非接触記録再生」、「高密度・大容量記録」と磁気メモリの特長である「書換え性」を、ともに備えている。すなわち、①高密度・大容量記録 ②非接触記録再生 ③書換え可能という特長をもつ従来にない優れた記録方式である。

①に関しては  $1\mu\text{m}$  径にまで絞つたレーザービームを用いて情報を記録・再生するため、磁気メモリの10~100倍の記録密度 ( $10^8$  bit/cm<sup>2</sup>) を有し、直径130mmのディスク片面で約500 M byteの容量をもつ。

②に関しては光学ヘッドとディスクとを十分に離しておける (1~2 mm, 一方磁気ディスクでは磁気ヘッドとディスクの間隔は  $1\mu\text{m}$  以下) ため、ミクロのちり、ほこりに強く、磁気ディスクで問題となるヘッドクラッシュの心配もなく、ディスクの交換、持ち運びも自由に行える (可換性、可搬性)。

昭和63年5月6日受付 (Received May 6, 1988) (依頼解説)

\* 沖電気工業(株)研究開発本部基盤技術研究所 材料研究部室長 (Materials R & D Department, Research Laboratory, Research & Development Group, Oki Electric Industry Co., Ltd., 550-5 Higashiasakawa-cho Hachioji, Tokyo 193)

Key words : optical memory ; magneto-optical disk ; RE-TM film ; rare earth metal ; Kerr effect enhancement ; corrosion ; oxidation ; improvement of corrosion resistance.

③に関しては従来の磁気メモリと同様に、原理的には無限回の記録の書換えができる。

#### 1.4 光磁気ディスクの種類

光磁気ディスクは、記録層の材料により次の3種に分けられる。

- ①MnBi系 (MnBi, MnCuBi, 等: 多結晶)
- ②酸化物系 (ガーネット, Co フェライト, 等: 単結晶, 多結晶)
- ③希土類-鉄族系 (Tb-Fe, Tb-Fe-Co, 等: アモルファス)

これらに共通な特徴は、磁化が膜面に垂直な方向を向く、いわゆる垂直磁化膜であることである。通常の磁性材料を薄膜にしてもその磁化は膜面内方向を向き、垂直方向を向けるのは非常に困難である。この垂直磁化膜を用いることにより、高密度記録が可能となる。

現在の光磁気ディスクは希土類-鉄族アモルファス系であり、以下この系について説明する。

#### 1.5 光磁気ディスクの構造

光磁気ディスクの基本構造は Fig. 1 のようなものである。100 nm 程度の非常に薄い膜から成っており、スパッタリング法や真空蒸着法等の真空技術により形成される。

記録層は Tb, Gd, Dy, Nd などの希土類元素と Fe, Co などの鉄族元素とのアモルファス合金垂直磁化膜で

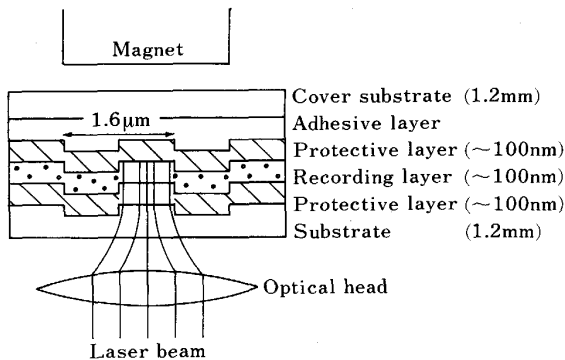


Fig. 1. Structure of the magneto-optical disk.

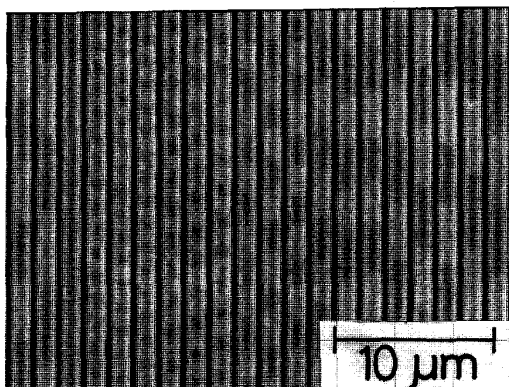


Photo. 1. Recording marks on the magneto-optical disk.

ある。たとえば Tb-Fe, Tb-Fe-Co, Tb-Co, Gd-Tb-Fe, Nd-Dy-Fe-Co, Dy-Fe-Co などの合金膜が用いられる。通称これらの膜は RE-TM 膜 (Rare Earth-Transition Metal 膜) と呼ばれる。

基板材料はガラスやポリカーボネート (PC), エポキシなどのプラスチックであり、表面には 1.6 μm 間隔で均一な深さの溝 (プリグループと呼ばれる) が刻まれている。レーザービームは、このプリグループに沿って高速かつ正確に移動する。Photo. 1 はこのプリグループと記録ピットを偏光レーザー顕微鏡で観察したものである。等間隔に並んだプリグループの間に記録ピットが白く見えている。このプリグループによって光磁気ディスクは虹色に輝く。

保護膜は記録層を両側から挟むように存在するが、基板側の保護膜はカー効果エンハンスメント層としての役割をもつことが多い。この効果は、保護膜の屈折率と膜厚とを適切に選ぶことによつて、記録層のカー回転角  $\theta_k$  を見掛け上増大させることができるものである。また、エンハンス層を別にもうけたり反射層を付加することもある。

カバー基板は接着剤で貼り合わせるが、その方法には、UV 硬化法、ホットメルト法などがある。

#### 1.6 光磁気メモリの記録原理

上で述べたディスクに対し、Fig. 2 に示す方法で情報の記録・再生・消去を行う。すなわち

- ①「初期消去」磁化を一方向に配向させる。
- ②「記録」磁化と逆方向に弱い外部磁界  $H_1$  (数万 A/m) を印加しておく。ただし、この垂直磁化膜は保磁力  $H_C$  が数十万 A/m 以上と大きいので、外部磁界  $H_1$  のみでは磁化は反転しない。膜表面に小さく絞ったレーザービームを照射すると、その部分が加熱され温度が上昇し、 $H_C$  が低下して磁化が外部磁界  $H_1$  の向きへと反転する。これで情報ピットが形成される。外部磁界が一定で、レーザービームを On・Off して情報を記録するため、光変調記録方式と呼ばれる。

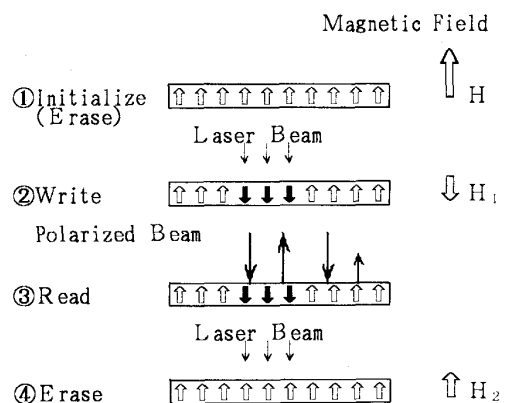


Fig. 2. Recording method of the magneto-optical memory.

ここでレーザービームをあてたままにしておき、外部磁界の向きを高速で反転することでも情報を記録できる。これは磁界変調方式<sup>1)</sup>と呼ばれ、①、④の消去が要らないという利点があるが、研究段階である。

③「再生」磁性体に偏光をあてると反射光の偏光面が回転するという現象がある(磁気カー効果)。これを利用して情報の再生を行う。すなわち、②で書き込んだ膜に偏光したレーザービームをあてると、磁化が上向きの部分と下向きの部分とで偏光面の回転方向が逆になり、偏光板(検光子とよばれる)を通してみると光量差として読み取れる。

④「消去」②の記録の場合と逆方向の外部磁界  $H_2$  を印加してレーザービーム照射加熱すると、照射部分の情報ビットが消去される。

## 2. RE-TM 膜の形成

RE-TM 膜の形成には蒸着法、スパッタリング法が主に用いられ、最近ではスパッタリング法による報告が多い。ここではスパッタリング法による形成について述べる。

### 2.1 1元スパッタリング法と多元スパッタリング法

多元スパッタリング法とは Fig. 3 に示すように、複数の電源を用い、複数のターゲットに同時にパワーをかけ、基板を回転させて合金膜を形成する方法である。それぞれのターゲットにかけるパワーをコントロールすることで種々の合金組成を得ることができる。装置は2~4元程度まで種々報告されている。一方、1元スパッタリング法は一つのターゲットを用いる方法である。1元スパッタリング法でも、スパッタ室の中には複数のターゲットが入っていて、電源を切り替えて種々の膜を順番に形成できる装置が多い。

### 2.2 ターゲットの種類

1元スパッタリング法で RE-TM 薄膜を形成する場合には合金ターゲットまたは複合ターゲットを用いる必要がある。

#### (1) 合金ターゲット

例えば Tb-Fe 膜を形成する場合には所定の組成の合金ターゲットを製作する必要がある。しかし均一で大面積の合金ターゲットは製作が困難である。それは希土類元素と Fe, Co とが、脆い金属間化合物をつくり、溶

解・焼結時に割れてしまうからである。焼結法で作れば所定の形状のターゲットはできるが、希土類元素が非常に酸化されやすいため、ターゲットが希土類酸化物と Fe, Co との混合状態となり、RE-TM 膜形成には使用できない。そのため次に述べる複合ターゲットや、さらには多元スパッタリング法を用いることが多い。しかし最近では温度、雰囲気制御、つばの工夫などにより多くのメーカーで大型の合金ターゲットの製作ができるようになってきている。

#### (2) 複合ターゲット

例えば Tb-Fe 薄膜を形成する場合に Fe ターゲット上に Tb チップを所定の面積になるように置き(または埋め込み)、スパッタリングすると Tb と Fe の面積比が膜組成比にはほぼ近くなる。このようなターゲットを複合ターゲットという。複合ターゲットでは膜の均一性、再現性の面で問題がある。また合金系が3元、4元と多元系(Gd-Tb-Fe-Co, etc.)になるとチップを並べられなくなるという不便さもある。しかし Tb, Fe などの面積比を変えることで自由に種々の組成の薄膜が得られる、合金ターゲットや多元スパッタリング装置に比べコストがかからないなどの利点もある。合金系の多元化によりチップが並べられなくなることに関しては、Gd-Tb-Fe-Co 合金膜を形成する場合には Fe-Co 合金ターゲット上に Gd-Tb 合金チップを並べた複合ターゲットを用いればよい。希土類同志、Fe と Co の合金ターゲット、チップは製作が容易だからである。

## 3. 光磁気ディスクの高性能化

### 3.1 RE-TM 膜の磁気特性

RE-TM 膜の磁気特性は詳細には磁気トルクメーターや振動試料型磁力計(VSM)などで測定するが、異常ホール効果や磁気カー効果を利用して、より簡便に測定評価できる。Fig. 4<sup>2)</sup>は、RE-TM 2元系アモルファス膜の組成によるカーヒステリシス曲線(カループ)の違いである。横軸は試料への印加磁界であり、縦軸がカー回転角である。磁気特性は RE の種類によつて、また RE と TM の組成比によつて大きく変化する。RE が Gd, Tb, Dy の場合で比べてみると、Gd-TM 膜の保磁力

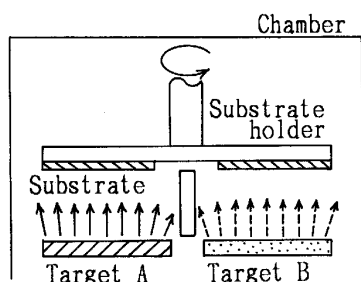


Fig. 3. Multi-source sputtering.

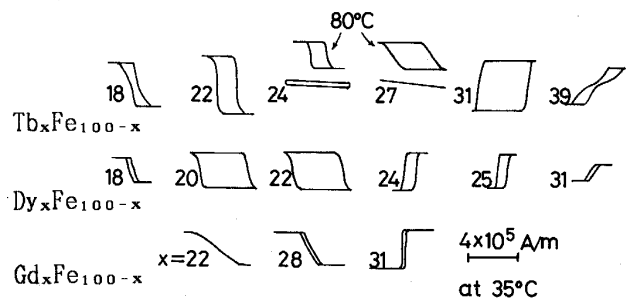


Fig. 4. Kerr hysteresis loops of Tb-Fe, Dy-Fe and Gd-Fe amorphous alloy films.

$H_C$  は一般に Tb-TM, Dy-TM 膜に比べて非常に小さい。一方, Gd-TM, Tb-TM, Dy-TM の順にキュリー点  $T_C$  が高い。そして, これらを組み合わせて, 中間的な磁気特性を得ることができる。Fig. 5<sup>3)</sup> は, Tb-Fe 膜の組成と磁化  $M_S$  および  $H_C$  の関係グラフである。Tb-Fe 系膜はフェリ磁性体であるのでこのような変化を示す (Gd, Tb, Dy 等, 重希土類ではフェリ的, Nd 等の軽希土類ではフェロ的になる)。すなわち Fe の磁化と Tb の磁化は逆方向を向いており, 20~25 at% Tb の間で  $M_S$  が最小, 同時に  $H_C$  がピークを示す。  $M_S$  が最小値を示す組成は補償組成と呼ばれ, この近傍組成で垂直磁化膜が得られる。補償組成より Fe 側の組成は, Fe の磁化が Tb より大きく, Fe (一般的には TM) リッチ組成と呼ばれる。反対側の組成は Tb (一般的には RE) リッチ組成と呼ばれる。Fe リッチ組成と Tb リッチ組成とではカーブの向きが反対になる。Fig. 6<sup>3)</sup> は Gd リッチ組成の Gd-Fe 膜の  $M_S$  の温度依存性である。補償温度  $T_{comp}$  で  $M_S$  が最小値を示し,  $T_{comp}$  以上の温度では Fe リッチ状態になる。

3.2 記録・再生特性の向上

光磁気ディスクの磁気特性は, おもに  $T_C$  が記録感度に,  $H_C$  が記録密度・感度に,  $\theta_k$  が再生特性に関係して

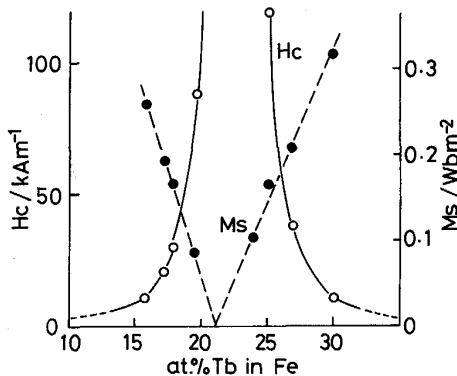


Fig. 5. Magnetization ( $M_S$ ) and coercive force ( $H_C$ ) of Tb-Fe amorphous film.

いる。そしてこれらが最適の状態になるよう光磁気ディスクの設計をする必要がある。そのため多元化, 多層化の方向で検討が進められている。

3.2.1 多元化

①RE の多元化 (例 Gd-Tb-Fe): Gd-Fe は  $\theta_k$  が大きく再生特性がよいが  $H_C$  が小さく微小記録ができない。一方, Tb-Fe は  $T_C$ ,  $H_C$  は適当の値であるが, 再生特性が悪い。この 2 種の合金系を組み合わせた 3 元系 Gd-Tb-Fe 合金はそれらの欠点を補い合う。

②TM の多元化 (例 Tb-Fe-Co): Tb-Fe などに Co を添加することにより  $\theta_k$  が増大し再生特性の改善ができる<sup>4)</sup>。しかし同時に  $T_C$  が上昇し記録感度が低下するので添加量は 10% 以下にすることが多い。

さらに①と②の組合せで Gd-Tb-Fe-Co, Nd-Dy-Fe-Co などの多元系合金が開発されている。

③非磁性元素の添加:  $\theta_k$  を増大する目的で Bi, Pb, Sn などを添加した例があるがあまり大きな効果はないようである。添加元素は後述する耐食性の改善に大きな効果がある。

3.2.2 多層化

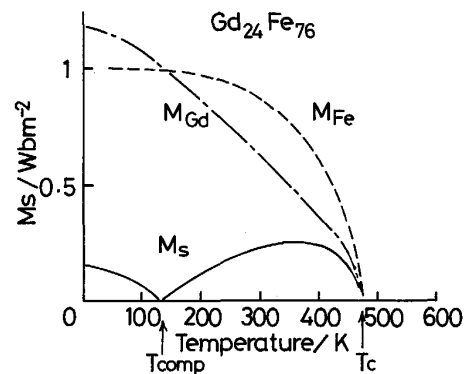
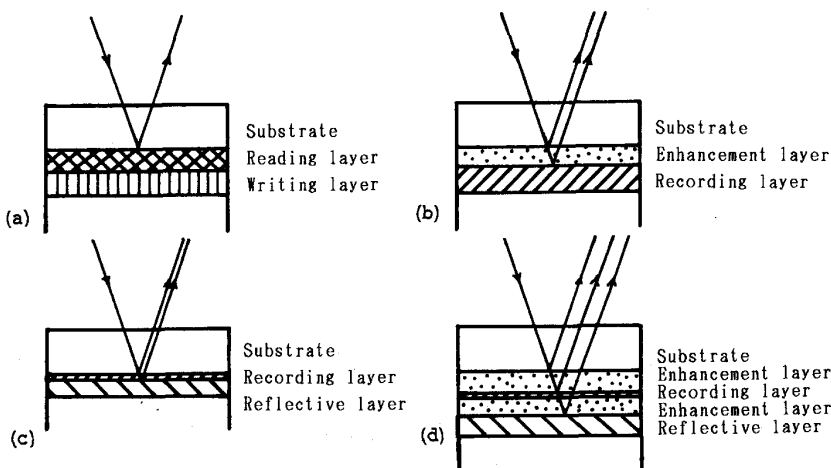


Fig. 6 Relation between temperature and magnetization ( $M_S$ ) of Gd-Fe amorphous film. Magnetic spins of Fe are anti-parallel to those of Gd.  $|M_{Gd}|$  is equal to  $|M_{Fe}|$  and then  $M_S$  is zero at compensative temperature ( $T_{comp}$ ).



(a) Separation of write/read layer type  
 (b) Addition of enhancement layer type  
 (c) Addition of reflective layer type  
 (d) An example of composite type.

Fig. 7. Multilayer structures.

多元化のみによつて記録・再生特性を改善することは限界があり、さらに多層化によつて特性改善が進められている。すなわち Fig. 7 に示すように、

①記録層と再生層を分離して、それぞれに適した材料を用いる<sup>5)</sup>。

②記録層に誘電体層（エンハンス層）を重ねて多重反射によるカー効果エンハンスメントを図る（カー回転角  $\theta_k$  を見掛け上増大させる）<sup>6)</sup>。

③記録層の裏側に反射層を設けて、表面での反射（カー効果）だけでなく、記録層を透過した光（ファラデー効果を受けた光）も反射させて利用する<sup>7)</sup>。などの方法がある。

Fig. 7-(a)は、記録層と再生層とを分離して2層構造にしたもので、記録層は  $T_C$  が低く  $H_C$  の大きなもの（Tb-Fe など）、再生層は  $H_C$  が小さく  $\theta_k$  の大きなもの（Gd-Fe など）である。記録層には前述した記録原理により記録を行う。記録層の情報は、再生層の  $H_C$  が小さいため再生層にそのまま転写される。記録層は  $T_C$  が低いため感度がよく、再生層は  $\theta_k$  が大きい再生

特性がよい。

Fig. 7-(b)は、エンハンス層（兼保護層）を付けたものである。カー効果エンハンスメントの程度はエンハンス層の屈折率、膜厚、基板の屈折率、そしてレーザービームの波長などに依存する。Fig. 8 は基板の屈折率  $n_s=1.54$ 、エンハンス層の屈折率  $n_e=2.2$ 、記録層の複素屈折率  $n_+=3.241-3.577i$ 、 $n_-=3.159-3.523i$ 、そしてレーザー波長を  $\lambda=780\text{ nm}$ 、とした場合の計算結果である。（記録層は磁性体であり、光学異方性がある。 $n_+$ は右円偏光に対する複素屈折率、 $n_-$ は左円偏光に対する複素屈折率である）。膜厚により反射率  $R$  と  $\theta_k$  が変化し、 $R$  が最小となる膜厚で  $\theta_k$  が最大となり、エンハンス膜のない場合の数倍に達する。

Fig. 7-(c)は、反射層付加構造であり、記録層を透過した光は反射層で反射し再び記録層を透過するので、 $\theta_k$  が増加する。記録層が1・4で述べた酸化物系材料の場合には透明であるため膜厚の制約はないが、RE-TM 記録層の場合には不透明であり、膜厚を非常に薄く（50 nm 以下）することで Fig. 7-(c)の構造が可能である。その他、反射層とエンハンス層を両方付加するなど種々の組合せが考えられる（Fig. 7-(d)など）。

### 3・3 光磁気ディスクの耐食性改善

#### 3・3・1 光磁気ディスクの腐食

RE-TM 膜は極めて腐食しやすい。ここで、腐食とは光磁気ディスクの特性劣化に結び付く種々の酸化を意味する。Fig. 1 のように、保護膜で被覆しても腐食が起こる場合が多い。筆者は RE-TM 膜の腐食を以下に述べる3種に分類した<sup>8)</sup>。これらの用語は金属学的には必ずしも適当でないかもしれないが、光磁気ディスク関連分野では一般的に使われているので、ここでも用いることにする。これらの腐食について以下に説明する。腐食検討には、スライドガラス上に RE-TM 膜を直接形成した、保護膜のない試料を用いた。

#### (1) 孔食

孔食は高湿度雰囲気におかれた RE-Fe 系膜で顕著であり、TM として Co を多く含む場合はおこりにくい。

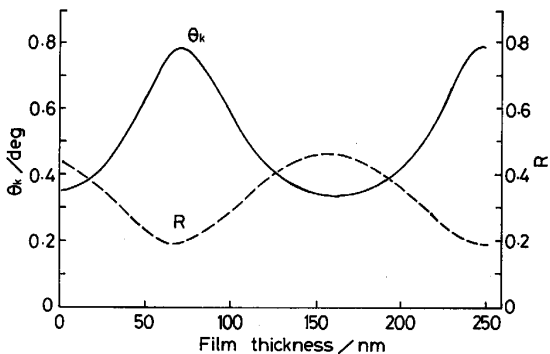


Fig. 8. Relation between reflectance ( $R$ ), Kerr rotation angle ( $\theta_k$ ) and the thickness of enhancement layer. The calculation conditions are as follows; refractive index of substrate ( $n_s$ ) is 1.54, index of enhancement film ( $n_e$ ) is 2.20, indexes of RE-TM film are  $3.241-3.577i$  and  $3.159-3.523i$  and wavelength of laser beam is 780 nm.

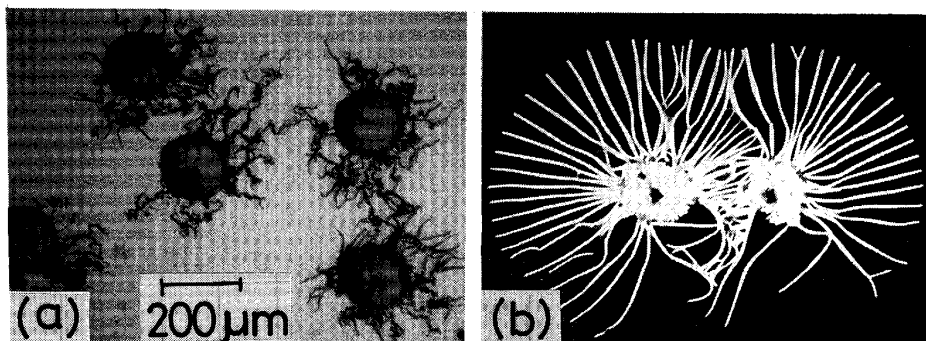


Photo. 2. (a) Corrosion pits of Tb-Fe film immersed in an 1N NaCl solution for 2 min and aged at 85°C, 85%RH for 30min. (b) Corrosion pits like yarn of Tb-Fe film.

Photo. 2-(a)<sup>9)</sup>は Tb-Fe 膜を 1 規定食塩水に 2 min 浸漬した後、85°C 85% 相対湿度 (RH と略す) に 30 min 保持した場合の孔食である。孔食形状は腐食環境により異なり、食塩水中では円形孔食が、そして 85°C 85% RH で糸状孔食が、円形孔食境界部を核として成長している。酸素や水の供給を制限すると糸状孔食は Photo. 2-(b)<sup>10)</sup> のように、よりまつすぐ伸びるようになる。Fig. 9<sup>9)</sup> は食塩水中浸漬の繰返しによる、光透過率  $T$  の変化を示す。孔食の個数と大きさで決まる孔食面積の違いにより、試料の  $T$  が異なる。われわれは、光透過率  $T$  の変化の測定による孔食の定量評価を提案した<sup>11)</sup>。

### (2) 表面酸化

RE-TM 膜の表面に酸化層が形成されるに伴い、カー回転角  $\theta_k$  が変化する。Fig. 10<sup>9)</sup> は、120°C での保持による Tb-Fe 膜の  $\theta_k$  変化である。膜側から測定した  $\theta_k$  のみが変化していることがわかる。 $\theta_k$  変化は、表面酸化層による光学的効果、すなわち前述したカー効果エンハンスメントの一種として説明できる。

### (3) 選択酸化

RE-TM 膜は、希土類 (RE) が Fe, Co に比べ極めて酸化されやすいため、RE が相対的に減少し、それに

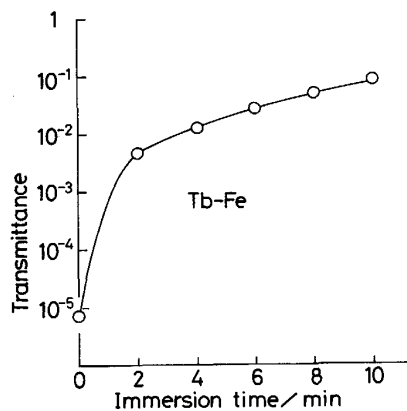


Fig. 9. Relation between transmittance ( $T$ ) and immersion time for  $\text{Tb}_{30}\text{Fe}_{70}$  film (120 nm in thickness) in an 1N NaCl solution at 25 °C.

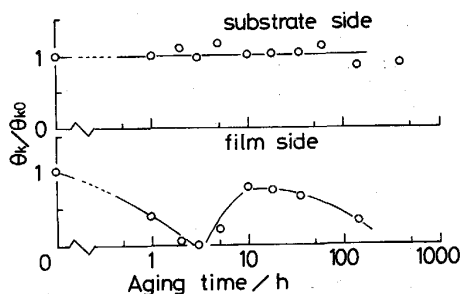


Fig. 10. Change in Kerr rotation angle ( $\theta_k$ ) by the surface oxidation for  $\text{Tb}_{30}\text{Fe}_{70}$  film (120 nm in thickness) aged at 120°C.

伴い保磁力  $H_C$  などの磁気特性が変化する。Fig. 11-(a) は、Tb-Fe 膜の組成と  $H_C$  との関係グラフである。ここで組成 A と組成 B の Tb-Fe 膜の  $H_C$  が選択酸化によりどう変化するかを説明する。組成 A では Tb の相対的減少に伴い、 $H_C$  が増大し、極大に達した後カーブの反転が起こり、 $H_C$  は減少し始める。組成 B の膜では、Tb の減少に伴い  $H_C$  が単調に減少する。Fig. 11-(b)<sup>9)</sup> は、Tb-Fe, Tb-Co 膜 (いずれも Tb リッチ組成) の 120°C 保持による  $H_C$  変化である。

### 3.3.2 光磁気ディスクの腐食防止方法

以上のように光磁気ディスクには種々の腐食が起こるわけであるが、その結果、CN 比 (Carrier to Noise Ratio) の低下、エラー増加が生じる。ここで CN 比とは、ノイズバンド幅を一定 (普通 30 kHz) として測定した時のノイズレベルに対する単一周波数搬送信号レベルの比である。これらの腐食を防止する方法は、大きく二つに分けられる。それは保護膜による防止と、RE-TM 膜自体の高耐食化である。

#### (1) 保護膜による防止

保護膜は保護性能がよいことが絶対必要条件であるが、エンハンス膜を兼ねる場合はさらに高透明性、高屈折率をもつ必要がある。保護膜としてすぐ思い付くのは  $\text{SiO}_2$  であるが、真空成膜した  $\text{SiO}_2$  は酸素が遊離しやすく、RE-TM 膜の RE と反応し、前述した選択酸化が起こりやすいため、光磁気ディスクの保護膜としては不適格である。そのため

① 酸素を遊離しにくい材料の使用:  $\text{SiO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AlSiON}$ <sup>12)</sup> など

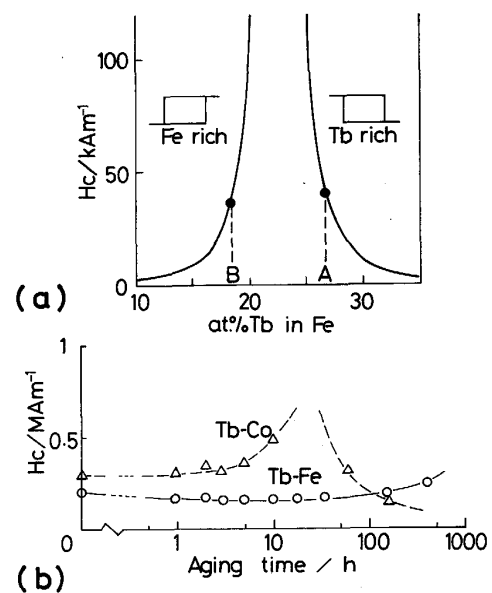


Fig. 11. (a) Relation between Tb-Fe composition and coercive force ( $H_C$ ). (b) Change in coercive force ( $H_C$ ) by the selective oxidation for  $\text{Tb}_{31}\text{Fe}_{69}$  and  $\text{Tb}_{31}\text{Co}_{69}$  films (120 nm in thickness) aged at 120°C.

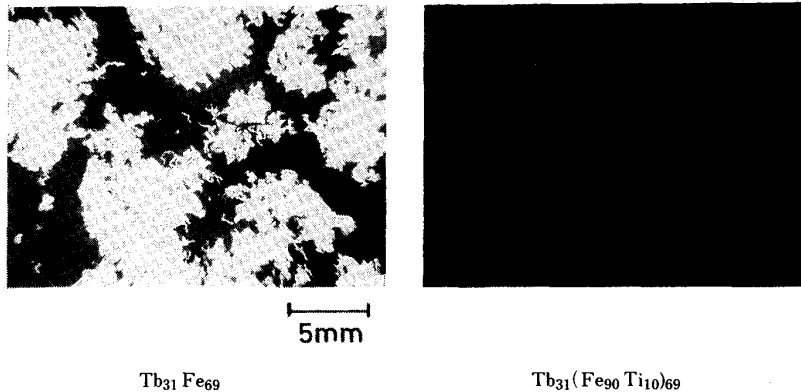


Photo. 3. Corrosion pits (white parts) for Tb-Fe and Tb-Fe-Ti films aged at 85°C, 85%RH for 120h.

②窒化物保護膜の使用:  $\text{AlN}^{13}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{AlSiN}^{12}$  など

③ $\text{SiO}_2$  中にあらかじめ酸素ゲッターを混入する:  $\text{Tb-SiO}_2^{14}$  など種々の保護膜が報告されている。

#### (2) RE-TM 膜自体の高耐食化

RE-TM 膜に特定の元素を添加することで RE-TM 膜自体の耐食性を大幅に改善することができる。

##### ①孔食の防止

$\text{Co}^{11}$ ,  $\text{Ni}^{11}$ ,  $\text{Pt}^{8,15}$  などの不活性な金属,  $\text{Al}^{8,16}$ ,  $\text{Cr}^{8}$ ,  $\text{Ti}^{8,17}$  などの不動態形成活性金属の添加で孔食を防止できる。Photo. 3 は 85°C 85% RH で 120 h 保持した後の Tb-Fe, Tb-Fe-Ti 膜の比較である。白い部分が孔食であり Ti の添加で著しく耐食性が向上していることがわかる。

##### ②表面酸化の防止

孔食と同様に不活性金属または不動態形成活性金属の添加で表面酸化を抑制できる<sup>8)</sup>。

##### ③選択酸化の防止

選択酸化には不動態形成活性金属の添加が有効であり、不活性金属はほとんど効果がない<sup>8)</sup>。例えば Tb-Fe の Fe を Pt などの不活性金属で置換してゆくことは、RE-TM 膜の TM 部分をより不活性にすることであり、そのぶん Tb の選択酸化が促進されるからである。一方 Cr, Ti などの不動態形成活性金属は、強固な不動態膜を形成し酸素の侵入を抑え、かう侵入酸素のゲッターともなるために選択酸化に効果があると考えられる。

最近ではこれらの添加元素の他に  $\text{In}^{18}$  や Be の報告があり効果があるようである。

## 4. ま と め

ここ数年における光磁気メモリの進歩はめざましい。ディスクの記録・再生特性は十分に実用域に達している。耐食性、信頼性についても、保護膜・RE-TM 膜・基板材料の進歩、ディスク形成技術の進歩によつて、寿命 10

年以上をクリアできそうである。他の関連技術、すなわち光ヘッド、半導体レーザー、サーボ技術、信号処理技術、ディスクドライブ装置技術、ターゲット製作技術、真空成膜技術なども並行してめざましい進歩を遂げている。光磁気メモリに関する技術は日本が世界一のレベルにあり、国際学会でも日本からの発表が多く、内容も群を抜いている。そしてこれらの技術のどれかが欠けても光磁気メモリは実現できなかつたのである。

ここで光磁気メモリに残された課題の幾つかを紹介しておこう。ひとつはオーバーライトの実現である。光磁気メモリの記録原理は 1・6 で示したように、「記録」の前に必ず「消去」が必要である。オーバーライトとはこの「消去」がいらぬ、「記録」すると以前の情報が自然に「消去」できる記録方法であり、磁気メモリではあたりまえの方法である。光磁気メモリを種々の分野に応用してゆく場合に、オーバーライトができるほうがよい。その方法として、①2ヘッド方式(録再用・消去用)、②複数ビーム方式( $n$ トラックに記録中、 $n+1$ トラックを消去)<sup>19)</sup>、③2層記録膜(補助層・記録層)と二つの磁石(初期化磁界・記録磁界)<sup>20)</sup>、そして 1・6 でふれた④磁界変調方式<sup>1)</sup>などが提案されている。

もうひとつはディスクのさらなる高性能化である。RE-TM 系光磁気ディスクはその性能を十分に引き出され、着実な進歩はあるものの、大きな向上は望みがたくなっている。他の材料系として酸化物系光磁気ディスク<sup>21)</sup>の検討がなされている。酸化物系は大きな再生信号が得られること、腐食しにくく安定であることで期待されている。PtMnSb 合金<sup>22)</sup>も検討されている。この合金は非常に大きなカー回転角をもち(RE-TM 系の数倍)注目されているが、まだ垂直磁化膜が得られていない。

さらにはアクセスタイムの短縮化、よりいつそうの高密度化・大容量化、低価格化など、まだまだ課題はあるが、最重要課題は光磁気メモリの応用分野の創造であり、それは光磁気メモリの普及のために重要である。それは単

に磁気ディスク、磁気テープなどの代替であつてはならず、光磁気メモリの長所を十分生かすような、全く新しい情報処理技術分野でありたい。

### 文 献

- 1) F. TANAKA, S. TANAKA and S. SUZUKI: IEEE Trans. Mag., 23 (1987), p. 2695
- 2) 小林政信: 電子展望, 20 (1983)11, p. 63
- 3) 今村修武: 光磁気ディスク (今村修武監修)(1986), p. 87 [トリケップス]
- 4) 辻本浩章, 庄司益宏, 斎藤 寛, 松下俊介, 桜井良文: 日本応用磁気学会誌, 7 (1983) 2, p. 119
- 5) 納土 章, 小林 正, 網島 滋, 内山 晋: 日本応用磁気学会誌, 6 (1982) 2, p. 131
- 6) T. CHEN, D. CHENG and G. B. CHARLAN: IEEE Trans. Mag., 16 (1980), p. 1194
- 7) K. OHTA, A. TAKAHASHI, T. DEGUCHI, T. HYUGA, S. KOBAYASHI and H. YAMAOKA: Proc. Optical Data Storage USA 1983 SPIE 382 (1983), p. 252
- 8) 小林政信, 浅野睦己, 川村和民, 大野清伍: 日本応用磁気学会誌, 9 (1985) 2, p. 93
- 9) 小林政信, 前野仁典, 大石佳代子, 川村和民: 電子情報通信学会磁気記録研究会資料, MR 86-54 (1987), p. 31
- 10) 星野岳穂, 増子 昇, 井上 健, 浅野睦己, 小林政信: 日本金属学会秋期大会一般講演概要 (1986), p. 493
- 11) 小林政信, 浅野睦己, 川村和民, 大野清伍: 日本応用磁気学会誌, 8 (1984) 2, p. 105
- 12) M. ASANO, M. KOBAYASHI, Y. MAENO, K. OISHI and K. KAWAMURA: IEEE Trans. Mag., 23 (1987), p. 2620
- 13) 太田賢司, 広兼順司, 片山博之, 山岡秀嘉: 日本応用磁気学会誌, 8 (1984) 2, p. 93
- 14) M. MIYAZAKI, I. SHIBATA, S. OKADA, K. ITOH and S. OGAWA: '86 MMM Conference (1986), BA-01
- 15) N. IMAMURA, S. TANAKA, F. TANAKA and Y. NAGAO: IEEE Trans. Mag., 21 (1985), p. 1607
- 16) K. ARATANI, T. KOBAYASHI, S. TSUNASHIMA and S. UCHIYAMA: J. Appl. Phys., 57 (1985), p. 3903
- 17) M. KOBAYASHI, M. ASANO, Y. MAENO, K. OISHI and K. KAWAMURA: Appl. Phys. Lett., 50 (1987), p. 1694
- 18) T. IJIMA and I. HATAKEYAMA: IEEE Trans. Mag., 23 (1987), p. 2626
- 19) 虎沢研示, 鷲見 聡, 村田誠司, 峯近重和, 石井泰弘: 日本応用磁気学会誌, 11 (1987) 2, p. 217
- 20) 赤坂秀機, 佐藤正聡, 斎藤 旬, 松本広行: 日本応用磁気学会第 53 回研究会資料 (1987), p. 87
- 21) M. GOMI, T. OKAZAKI and M. ABE: IEEE Trans. Mag., 23 (1987), p. 2967
- 22) 大山隆治, 阿部順一, 松原覚衛: 日本応用磁気学会誌, 9 (1985) 2, p. 145