補助磁性層を持つ光磁気記録媒体の記録特性

Recording Characteristics of Magneto-Optical Media with Auxiliary Magnetic Layer

喜々津 哲・芦田純生・水澤由美・市原勝太郎

(株)東芝総合研究所, 川崎市幸区小向東芝町1 (〒210)

A. Kikitsu, S. Ashida, Y. Mizusawa and K. Ichihara

Toshiba Corp., R & D Center, 1, Komukai-Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 210

The purpose of this study is to investigate the leakage field from an auxiliary layer to a recording layer in an exchange-coupled multilayered magneto-optical medium. In order to estimate the leakage field, test media, in which an auxiliary layer was formed on a recording layer through a non-magnetic layer, were prepared. The leakage field was determined as the difference in the threshold external fields between two different initial magnetization directions in the recording test. The experimental result was in good agreement with the numerical calculation, in which a single domain nucleation was assumed. The leakage field was found to be proportional to the change in magnetization at the heated spot. It was also found that a leakage field of about 200 Oe was generated from the auxiliary layer with a magnetization change of 150 emu/cc.

Key words: magneto-optical media, multilayered media, leakage field, threshold recording field, magnetization distribution, exchange-coupled multilayer, numerical calculation of leakage field, $Tb_x(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{1-x}$ ($x = 0.18 \sim 0.26$), Tb_xCo_{1-x} ($x = 0.20 \sim 0.25$)

1. はじめに

近年、複数の磁性体層を交換結合多層化した光磁気記録媒体を用いて、記録・再生特性の両立を図ったり、オーバーライト機能を付与する試みがなされている^{1), 2)}。これらの記録媒体では各層に交換力が作用しており、種々の機能を実現する重要なパラメータとなっている。ところで、光磁気記録媒体の記録・消去過程は磁性体層のキュリー点前後までの局所加熱によって行われるが、このとき磁性体中に局所的な磁化の分布ができるため、磁性体層外部に漏洩磁界が発生する。交換力が加熱部位の温度が高温になるにつれてゼロへと減少していくのに対し、この漏洩磁界はキュリー点を越えるような加熱部位でも一般にはゼロになることはない。したがって、漏洩磁界は多層媒体の記録・消去過程に交換力とともに影

響を及ぼす可能性がある。

今回、試験用媒体として、記録層・補助層の二つの磁性体層を交換力が作用しないように非磁性層を介して積層した試料を作成し、その記録特性より補助層から記録層へ印加される漏洩磁界の大きさを定量的に導出した。そして、導出した漏洩磁界と補助層の熱磁気特性との関係について調べたので報告する。

2. 実験方法

作成した試料の構造を Fig. 1 に示す。記録層にキュリー温度 170°C の $Tb_{0.29}(Fe_{0.9}Co_{0.1})_{0.71}$ を、補助層に Tb_xCo_{1-x} , $Tb_x(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{1-x}$ を用いた。非磁性層である中間層、下地層、保護層には Si-N を用いた。成膜はマグネトロンスパッタで行った。記録特性評価用には厚さ 1.2 mm のグループなしガラスディスク基板を、磁気特性評価用には Si ウェハを用いた。磁気特性は最大印加磁界 10 kOe の VSM を用いて調べた。

記録実験は波長 830 nm の半導体レーザを用い、パルス幅 160 ns, パワー 6 mW, 線速 6.6 m/s の条件で行った。この条件では、用いたすべての補助層に反転磁区ができなかった。すなわち、発生する漏洩磁界は反転磁区による不連続な磁化分布の影響を受けていない。各層の磁化の初期化は印加磁界 20 kOe のカールプトレサーを用いて磁化反転をモニターしながら行った。実験は記

Fig. 1 Schematic cross-sectional view of test media.

Fig. 2 Initial magnetization direction before recording test. Solid and dotted arrows denote the directions of initial magnetization and leakage field, respectively.

Fig. 3 Relation between carrier level and external field for cases of assisting and preventing magnetization direction. The auxiliary layer was $\text{Tb}_{0.223}\text{Co}_{0.777}$.

録層に対する補助層の初期磁化の向きを2通りに設定して行い、それぞれの場合の記録磁界閾値 (H_{th}) の差より漏洩磁界を求めた。Fig. 2 に2通りの初期磁化方向を示す。図中の箱の中の実線の矢印は磁化の向きを示す。箱の横の図は磁化分布を模式的に示したもので、磁化分布に起因する漏洩磁界の向きを点線の矢印で示す。'assist' 着磁の場合、レーザ照射による温度上昇で補助層の磁化は下に凸となり漏洩磁界は下向きに発生し、記録層の磁化反転を促進する。一方 'prevent' 着磁の場合、記録層の磁化反転を妨げる方向に漏洩磁界が発生する。

3. 結果および検討

3.1 記録磁界閾値を用いた漏洩磁界の導出

記録特性の典型例として、 $\text{Tb}_{0.223}\text{Co}_{0.777}$ 補助層を用いた場合の記録特性を Fig. 3 に示す。着磁方向の違いによって記録磁界閾値 H_{th} が 400 Oe 程度シフトしている。これは補助層からの漏洩磁界の差を反映していると考えられる。記録層の加熱スポット内の磁化反転が起こる領域に印加される磁界は、記録層の自己漏洩磁界 H_s を無視すれば外部印加磁界と漏洩磁界のベクトル和である。'assist' の場合、漏洩磁界は記録方向 (プラス) なので反転磁区を形成する最も小さい外部磁界 H_{th} は漏洩磁界の分だけマイナス側にシフトする。一方 'prevent' の場

合には記録層に対する漏洩磁界の分布は 'assist' 時とは逆なので、 H_{th} は漏洩磁界の分だけプラス側にシフトする。そこで、この記録磁界閾値のシフト量 ΔH_{th} の半分を漏洩磁界の大きさと等しいと考えた。ここで H_s について考えると、記録層の磁化の方向は変わらないので着磁状態によらず同じ大きさである。したがって、それぞれの H_{th} の差を計算することで H_s の寄与をキャンセルすることができる。磁界閾値近傍では反転磁区の核が複数の位置で形成される場合があることが報告されている³⁾ので、閾値を用いる本評価法は一般には特定の位置における漏洩磁界の大きさや分布を正確に知ることはできない。しかし、漏洩磁界を簡便に見積もる方法として、この評価方法を用いて以下に述べる考察を行った。

3.2 数値計算による漏洩磁界の導出

漏洩磁界の評価結果と比較するために数値計算による漏洩磁界の計算を行った。磁性体層の温度は差分法を用いた熱伝導解析によって求めた。熱伝導解析に用いる各層の熱定数は実測値⁴⁾を用いた。漏洩磁界は、磁性体層を微小なメッシュに分割し、各メッシュが発生する磁界を足し合わせて求めた。各メッシュ内では温度は均一とみなした。また厚さ方向にメッシュ分割を行って補助層の厚さ方向の温度分布を考慮した。磁性体層面内方向の積分範囲は約 $7\mu\text{m}$ 四方とした。計算に用いた磁化の温度特性は、Fig. 4, Fig. 5 に示す実測値を用いた。

前節で述べたように、 ΔH_{th} を用いて導出される漏洩磁界はどの瞬間のどの位置のものか特定できないが、計算ではスポット中心に一つの微小な磁区ができる場合³⁾を仮定した。すなわち、レーザ照射後の冷却過程で、記録層のピーク温度が記録層のキュリー温度 T_c になった瞬間の記録層のピーク温度位置に最初の磁区ができ、これが閾値として検知され则认为、この点の漏洩磁界を計算した。なお、厚さ方向の計算位置は記録層の中間点 (補助層より 32.5 nm の距離) とした。

3.3 漏洩磁界の材料・組成依存

$\text{Tb}_x\text{Co}_{1-x}$, $\text{Tb}_x(\text{Fe}_{0.7}\text{Co}_{0.3})_{1-x}$ 補助層の漏洩磁界の大きさ $H_l = \Delta H_{th}/2$ (Meas.) の組成依存性を Fig. 6, Fig. 7 に示す。図中には数値計算結果 (Cal.) も併せて示す。 ΔH_{th} より算出した漏洩磁界は、計算値と 50 Oe 程度の差で一致しており、今回の試料は計算で仮定した、一つの核形成のモデルが成り立つような材料系であると考えられる。

組成による漏洩磁界の違いは材料の磁化の温度特性を反映していると考えられる。Fig. 4 に示すように、 Tb-Co 系の磁化の温度特性は、今回の組成範囲では温度軸に沿ってほぼ平行移動するだけなので、加熱スポット内

Fig. 4 Dependence of saturation magnetization on film temperature for Tb_xCo_{1-x} auxiliary layer.

Fig. 6 Leakage field of Tb_xCo_{1-x} auxiliary layers.

Fig. 5 Dependence of saturation magnetization on film temperature for $Tb_x(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{1-x}$ auxiliary layer.

Fig. 7 Leakage field of $Tb_x(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{1-x}$ auxiliary layers.

の磁化の変化幅はあまり差がない。一方、キュリー温度が低い Tb-Fe-Co 系は、加熱スポット内の磁化の変化幅や分布が組成によって異なるため漏洩磁界が大きく変化していると考えられる。このことを定量的に示すために Fig. 8 に磁化の変化幅、すなわち T_c と常温の間の補助層の磁化の差の絶対値 ΔM_s に対して漏洩磁界の大きさをプロットしたものを示す。一点を除いて補助層材料にかかわらず一つの直線に載り、 ΔM_s と H_l の間に強い相関のあることがわかる。直線からはずれた一点は補償組成の試料で、VSM で常温近くで飽和させることができず M_s をゼロとみなしたものである。実際には常温の M_s は負の値をもつと考えられ、 ΔM_s が大きくなって図中の点は相関を支持する方向にシフトすると考えられる。

Fig. 8 Correlation between leakage field H_l and amount of magnetization change ΔM_s .

3.4 交換結合多層媒体における漏洩磁界

実際の交換結合多層媒体で発生する漏洩磁界は今回調べた媒体の中間層がない場合に相当する。Fig. 9 に中間層の厚さに対する漏洩磁界の計算値を、中間層が 20 nm

Fig. 9 Relation between calculated leakage field and intermediate layer thickness d_i .

のときの値で規格化して示す。今回調べた媒体をそのまま交換結合2層媒体としたときには、記録層に作用する漏洩磁界は5%ほど大きくなると思われる。斎藤らが提案している交換結合多層媒体のオーバーライト方式²⁾の場合を考えると、Hプロセス時には補助層にできる反転磁区によって漏洩磁界が発生するが、HプロセスとLプロセスとで補助層の磁化の向きが逆なので、両プロセス間で数100 Oe程度の漏洩磁界の差がレーザー照射時に誘起されることも考慮する必要がある。

Fig. 9によると、中間層が200 nmの厚い領域でも漏洩磁界は20 nmのときの約70%の大きさがある。したがって、3層媒体⁵⁾、4層媒体⁶⁾の場合でも漏洩磁界の影響は各層に及ぶと考えられる。また、中間層が0から50 nmの薄い領域での漏洩磁界変化が10%ほどある。このことは、厳密には記録層の膜厚方向に漏洩磁界が変化しているということで、記録層に相当する層が50 nm程度が多層媒体の場合には、膜厚方向に変化する複雑な磁界印加条件下で磁化反転が起こっていると考えられる。

4. まとめ

非磁性層を介して記録層・補助層を積層した多層光磁気記録媒体を作成し、初期磁化方向による記録磁界閾値の違いから補助層が発生する漏洩磁界の大きさを評価し、材料・組成依存性について検討を行った。その結果、以下のようなことが明らかになった。

- (1) 記録磁界閾値から導出した漏洩磁界は、磁界閾値下で一つの核形成を仮定した数値計算とほぼ一致した。
- (2) 漏洩磁界の大きさは磁化の温度特性、つまり、加熱スポット内での補助層の磁化の変化幅に依存する。
- (3) 今回調べた試料では、加熱スポット内の磁化の変化約150 emu/ccに対して、漏洩磁界は約200 Oeであった。

5. おわりに

漏洩磁界は交換結合多層媒体においても無視できない大きさで発生して、複雑な影響を各層に及ぼしていると考えられる。多層記録媒体の材料・構造設計の場合には十分に考慮する必要があると思われる。

文 献

- 1) S. Tsunashima, H. Tsuji, T. Kobayashi and S. Uchiyama: *IEEE Trans. Magn.*, **MAG-17**, 2840 (1981).
- 2) J. Saito, M. Sato, H. Matsumoto and H. Akasaka: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **26**, (Suppl. 4), 155 (1987).
- 3) J. C. Suits, D. Rugar and C. J. Lin: *J. Appl. Phys.*, **64**, 252 (1988).
- 4) 芦田純生, 水澤由美, 永谷広行, 津田井昭彦, 市原勝太郎: 日本応用磁気学会誌, **13**, 199 (1989).
- 5) K. Aratani, M. Kaneko, Y. Muto, K. Watanabe and H. Makino: *Proc. SPIE*, **1078**, 258 (1989).
- 6) 中本義幸, 深見達也, 徳永隆志, 田口元久, 堤和彦: 日本応用磁気学会誌, **14**, 165 (1990).

1990年12月3日受理, 1991年2月28日採録