GdDyFeCo 光磁気ディスクの磁界変調記録特性

Magnetic Field Modulation Recording on GdDyFeCo Magneto-Optical Disk

牧野政巳*・淵上靖子・山本 浩・鷲見 聡・虎沢研示

三洋電機(株)情報通信システム研究所・*情報機器事業部, 岐阜県安八郡安八町大森 180 (☎503-01)

M. Makino, Y. Fuchigami, H. Yamamoto, S. Sumi and K. Torazawa

Sanyo Electric Co., Ltd., 180, Ohmori, Anpachi-cho, Anpachi-gun, Gifu 503-01

Characteristics of magnetic field modulation recording on GdDyFeCo magneto-optical disk were investigated. GdDyFeCo recording layer was deposited by two source RF magnetron sputtering method. The compositionally modulated films changed their thermo-magnetic properties with the modulation periodicity and exhibited minimum recording field (H_s) value at modulation period of $2\text{\AA}$. According to the observed dependence of H_s on GdDy contents, relatively low H_s value was obtained in the rare-earth rich region near the compensation composition. By optimizing the GdDy contents, recording magnetic field transition time less than 250 ns could be obtained at recording frequency of 720 kHz .

Key words: magneto-optical disk, magnetic field modulation recording, GdDyFeCo, compositionally modulated film, magnetic field transition time, minimum recording field, carrier to noise ratio

1. はじめに

光磁気ディスクは, TbFeCo 系を中心に実用化されその用途を急速に広げつつある。しかし, 現在実用化されている光磁気ディスクは, バイアス磁界を印加しながらレーザー光を照射し, 磁化を反転させているため, 信号の重ね書き(オーバーライト)ができない。したがって, 消去動作を必要とするため, 音楽などの連続データの記録や高速データ記録には不向きである。そこで, 光磁気ディスクで, オーバーライトを達成するために, 記録膜の反磁界や交換結合多層膜を利用する方法など種々の方式が検討されている。こうした中で, 光磁気ディスクにレーザー光を連続照射しながら, 印加磁界を反転させて記録を行う磁界変調記録方式¹⁾は, 比較的容易にオーバーライトができるので, 次世代の記録方式として有望視されている。磁界変調記録方式では, 印加磁界を高速スイッチングさせるため大きな磁界を発生しにくいので, 低い記録磁界で記録できる材料が必要である²⁾。

今回, 我々は, 磁界変調記録材料として GdDyFeCo

を用い, 成膜条件と磁界変調記録特性について, 検討を行った。

2. 実験方法

実験に用いたディスクの構造を Fig. 1 に示す。GdDyFeCo を, SiN で挟み込んだ 3 層構造ディスクで, 保護コートとして, UV 樹脂を $20\mu\text{m}$ 塗布してある。GdDyFeCo 膜は $\text{Gd}_{50}\text{Dy}_{50}$, $\text{Fe}_{90}\text{Co}_{10}$ の合金ターゲットを用い, 2 元同時 RF マグネトロンスパッタ法にて作製した。積層周期は, 基板回転数を変え ($5\sim 60\text{ rpm}$) 変化した。組成は, 元素チップをターゲット上に載せ調整した。基板は, 直径 120 mm , 厚さ 1.2 mm のブリグルーブ付ポリカーボネート樹脂基板を用いた。記録膜の温度特性は, ガラス基板上に成膜したサンプルを用い, Kerr loop より測定した。

磁界変調記録に用いた磁気ヘッドの仕様を Table 1 に示す。磁気ヘッドは, ポットコアタイプを用いて, インダクタンス $4.5\mu\text{H}$, 直流抵抗 0.2Ω である。実験では, 高速磁界反転させるため, 磁気ヘッドと直列に抵抗 ($R_L=50\Omega$) を入れ, 磁界反転時間は 50 ns 以下とした。

実験は, 積層周期および組成を変化させた光磁気ディスクに, この磁気ヘッドを用い磁界変調記録を行って, 記録磁界と磁界反転速度を評価した。

実験に用いた光学ヘッドのレーザー波長は, 780 nm , 対物レンズの開口比 N. A. は, 0.55 である。

Fig. 1 Structure of the disks.

3. 実験結果

3.1 積層周期

希土類と遷移金属による2元スパッタ法では、基板回転数により積層周期が変わり、垂直磁気異方性や飽和磁化が変化することが知られている³⁾。これら磁気特性の変化により記録磁界が影響を受けると考えられる。

Fig. 2 に $\text{Gd}_{50}\text{Dy}_{50}/\text{Fe}_{90}\text{Co}_{10}$ 2元スパッタ膜における保磁力 H_c の温度特性を示す。Fig. 2(a) に示すように、積層周期 2.5 Å と 5 Å のものでは、キュリー温度 T_c は同一であるにも関わらず、温度特性に違いがあることが分かる。GdDy/FeCo の組成を変えて、保磁力を測定したものを Fig. 2(b), (c) に示す。積層周期は、それぞれ 5 Å と 2.5 Å である。積層周期の長い (b) では、広い組成および温度範囲で高い保磁力を示しているものの積層周期の短い (c) では、保磁力は、あまり大きくない。このように、GdDy/FeCo 二元スパッタ膜においても積層周期は、その磁気特性に大きな影響を与えていることが分か

Table 1 Specification of magnetic head for magnetic field modulation recording

Core	Shape	Pot-core-type
	Material	NiZn-Ferrite
	Permeability	600
	Main-pole-diameter	φ1.0 mm
Coil	Size	φ6×t1.9 mm
	Turn number	26 T
	Inductance	4.5 μH
	Resistance	0.2 Ω (DC)
	Head to disk spacing	0.5 mm (fixed)

Fig. 2 Dependence of coercivity for the modulation period 2.5 Å and 5 Å on temperature and GdDy contents. (a), H_c vs. temp.; (b), (c), H_c vs. GdDy contents for the modulation period 5 Å and 2.5 Å, respectively.

る。

Fig. 3 に、積層周期を変え、記録磁界を測定した結果を示す。図は、線速 1.4 m/s、記録周波数 720 kHz における CNR を測定したもので、記録磁界 ± 210 Oe のときの CNR を 0 dB として規格化したものである。記録磁界は、積層周期 2 Å 付近で、低い値を示すことが分かる。希土類-遷移金属積層膜では、RE-TM 対による垂直磁気異方性の増加が報告されている^{4), 5)}が、これらはいずれも積層周期が 4~5 Å とこれよりも長周期のものである。したがって、ここで観測された記録磁界の低下は、むしろ Nakada ら⁶⁾が報告しているような膜の微細構造に起因するものと考えられる。

3.2 記録磁界

積層周期を 2 Å として、GdDy/FeCo 組成と記録磁界

Fig. 3 Dependence of carrier to noise ratio ($\Delta C/N$) on the modulation period for the various recording magnetic field. CNR is normalized by the CNR at recording magnetic field of $H = \pm 210$ Oe.

Fig. 4 Characteristics of normalized carrier to noise ratio on GdDy contents for the various recording magnetic field. (a), $(\text{Gd}_{50}\text{Dy}_{50})_x(\text{FeCo})_{100-x}$; (b), $(\text{Gd}_x\text{Dy}_{100-x})_{29}(\text{FeCo})_{71}$.

Fig. 5 Characteristics of CNR and Jitter vs. magnetic field transition rate for various GdDy contents. (a), $(\text{Gd}_{50}\text{Dy}_{50})_x(\text{FeCo})_{100-x}$; (b), $(\text{Gd}_x\text{Dy}_{100-x})_{29}(\text{FeCo})_{71}$.

の関係を測定した。Fig. 4 に、結果を示す。Fig. 4(a) は、 $\text{Gd}_{50}\text{Dy}_{50}$ として GdDy と FeCo との組成比を変えて CNR を測定したものである。CNR は、前のように、 ± 210 Oe での値で規格化してある。この実験での補償組成は、(GdDy) 28 at% であり、これより希土類 rich 側 34 at% 付近まで、記録磁界の低下による CNR の劣化は少ないことが分かる。また、CNR の劣化は、希土類側では、noise level の上昇、遷移金属側では、carrier level の低下が、主たる原因である。このように磁界変調記録においても、光変調記録と同様な傾向⁷⁾を示し、補償組成付近、希土類 rich 側で低磁界記録可能なことが分かった。

Fig. 4(b) に、(GdDy) 組成を 29 at% とし、Gd と Dy

の組成比を変化させ CNR を測定した結果を示す。Dy rich 側で良好な特性を示し、特に、低記録磁界特性は、 $\text{Gd}_{50}\text{Dy}_{50}$ 付近が優れていることが分かる。Gd rich 側の CNR の低下は、noise level の上昇によるものである。これは、Gd 量の増加は垂直磁気異方性を下げ、記録磁界が低下するものの、磁壁エネルギーを減少させるため、過度の Gd 置換は、低磁界での noise level の上昇を引き起こすと考えられる。

3.3 記録磁界反転速度

磁界変調方式では、磁界を反転する際、必ずゼロ磁界を通過するため、必然的に記録ドメインの境界は不安定となる。Fig. 5 に、記録磁界反転速度と、CNR および Jitter の関係を示した。記録磁界反転速度は、磁気ヘッ

Fig. 6 CNR and BLER characteristics of Gd-DyFeCo magneto-optical disk for the recording magnetic field ± 80 Oe and ± 120 Oe.

ド駆動回路への記録信号の立ち上り・立ち下り時間を変えることによって変化させた。記録磁界は、 ± 150 Oe一定とした。CNRは、記録周波数 720 kHz、バンド幅 10 kHzの値である。

Fig. 5(a)は、希土類元素が(Gd₅₀Dy₅₀)の組成の下で、遷移金属 rich、補償組成、希土類 richの三種類のディスクについて測定したものである。遷移金属 richのものでは、3 Oe/ns以上と他のものに比べて数倍の高速磁界反転を行わないと特性が劣化し始めることが分かる。

Fig. 5(b)は、(GdDy)の組成を、補償組成付近とし、GdとDyの組成比を変えて測定したものである。Dy rich組成のものは、高速磁界反転が必要なが分かる。このように、磁界反転速度は、組成によって変化する。これは、3.2の結果から、高い記録磁界が必要な膜ほど高速磁界反転を行う必要があることが分かる。

このように、GdDyFeCoを用いた光磁気ディスクは、作製条件と組成を選ぶことによって、低磁界記録可能で、しかも、ゼロクロス磁界によるノイズ上昇が少ない磁界変調記録に適した光磁気ディスクが得られる。Fig. 6に、記録線速度とCNRおよびBlock Error Rate (BLER)を示す。BLERは、Compact Disc FormatによるC₁エラーである。記録磁界 ± 80 Oeという低い記録磁界においても、C/N 48 dB, BLER 30 コ/秒(線速 1.2 m/s)という値が得られている。

4. まとめ

GdDyFeCoを記録層とした光磁気ディスクを作製しその磁界変調記録特性を調べたところ、

- 1) 二元スパッタによる積層構造とすることで、記録磁界を低減させることができる
- 2) 記録磁界は、補償組成付近の希土類側で低い値を示す
- 3) 組成を選ぶことによって、記録磁界の反転速度 250 ns以下(記録周波数 720 kHz)で、記録特性が安定する
- 4) 記録速度 1.2 m/s、記録磁界 ± 80 Oeで、BLER 30 コ/秒程度のディスクが得られることが分かった。

このように、GdDyFeCo光磁気ディスクは、低記録磁界で、記録可能であり、磁界反転速度も比較的低速でよいため、磁界変調記録用として有望である。

また、積層構造による記録磁界の低減メカニズムについては、膜の微細構造が関係しているものと考えられるが、この原因については不明であり、今後の検討課題である。

最後に、本研究を進めるに当たり、終始変わらぬご指導、ご助言をいただいた当研究部石井部長、ディスク基板の開発にご協力いただいた当社情報機器事業部の関係各位に深く感謝いたします。

文 献

- 1) F. Tanaka, S. Tanaka and N. Imamura: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **26**, 231 (1987).
- 2) 田中信介, 田中富士雄, 鈴木静雄: 電気学会研究会資料, MAG-87-177 (1987).
- 3) J. J. M. Ruigrok, F. J. A. M. Greidanus, W. F. Godlieb and J. H. M. Spruit: *J. Appl. Phys.*, **63**, 3847 (1988).
- 4) 田中元治, 近江文也, 和多田篤行: 日本応用磁気学会誌, **9**, 113 (1985).
- 5) N. Sato: *J. Appl. Phys.*, **59**, 2514 (1986).
- 6) M. Nakada, H. Yokota, S. Yumoto, O. Okada and H. Gokan: *IEEE Trans. Magn.*, **MAG-25**, 3767 (1989).
- 7) 井上博史, 前田巳代三, 橋本康宣, 中島一雄, 伊藤健一, 小川清也: 電気学会研究会資料, MAG-88-205 (1988).

1990年1月9日受理, 1990年3月13日採録