

平成 21 年 6 月 11 日現在

研究種目： 基盤研究（B）
研究期間： 2007～2008
課題番号： 19360142
研究課題名（和文） ナノスポット結晶化による超高密度記録用バリウムフェライト
 パターン媒体の研究
研究課題名（英文） Ba-ferrite films for high density patterned medium prepared by
 nano-spot crystallization
研究代表者
 森迫 昭光（MORISAKO AKIMITSU）
 信州大学・工学部・教授
 研究者番号：20115380

研究成果の概要：磁気ディスクの高密度・大容量化はデジタル情報を保存するために必要不可欠な要求である。本研究では、次世代の高密度磁気記録媒体として有望なパターン媒体に関して、化学的に安定な酸化物磁性体（フェライト）を用いて自己組織化的パターン形成法に関する基礎実験を行なった。ここでは相分離型の下地層として Al-Si 薄膜およびナノスポット構造を有する金下地に関して、微小部分の結晶化、すなわち微小部分のみの磁性体化に関する検討を行なっている。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	11,200,000	3,360,000	14,560,000
2008 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：磁気記録工学、薄膜工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電子・電気材料工学

キーワード：高密度磁気記録，バリウムフェライト薄膜，ナノドット，スパッタ，自己組織，
 スポット結晶化，パターン媒体

1. 研究開始当初の背景

ギガビットネットワーク等に表現されるように膨大な量のデジタル情報がごく身近になりつつある。この爆発的に増加する情報をいかに高速・高密度そして安全に保存するかが情報化社会の解決すべき問題のひとつである。

情報ストレージの主役はこれまでハードディスクであり、例え半導体メモリが格安になってきたと言っても、これからもずっと主役であり続ける事は明らかである。すなわち

絶えず高密度・高信頼性の要求が HDD にはなされている。高密度化の要求を満たすひとつの手段として、一ドットに一ビットを記録するパターン化媒体が提案されている。

2. 研究の目的

ハードディスクにおける磁気記録方式は 1956 年以来、ずっと長手（面内）記録方式が用いられてきた。しかしながら高密度化の要求は年々増加しており、長手記録ではその反磁界の影響のため記録密度には限界があ

った。これに対応すべく 2004 年に垂直磁気記録方式が実用化された。この技術は東北大学岩崎先生によって発明されたものである。これによって磁気記録の記録密度は現在一平方インチあたり 500 ~ 600Gb(ギガビット)にまで高密度化されてきている。しかしながら、垂直磁気記録と言えども、高密度化に伴って記録ビットが微細化してくると、記録磁化が熱的擾乱を受け、安定に存在出来なくなる。いわゆる常磁性問題がある。本研究ではこれを解決し、一平方インチあたり数テラビット以上の記録密度が達成可能なパターン媒体の作成法を検討している。

パターン化にはナノインプリントや電子ビームリソグラフィ等があるが、いずれも複雑で高価な工程が必要である。

本研究の目的は自己組織化作用を利用して高密度パターン媒体を簡便に形成しようとする基礎的な研究である。

3. 研究の方法

(1) 薄膜作製法



図 1 . 試作した3源型スパッタ装置

本研究では、図 1 に示すような、薄膜形成用スパッタ装置を試作した。陰極は 3 源であり多層構造の薄膜が金属、酸化物を問わず連続形成が可能な構成とした。

薄膜構造並びにフェライト層

本研究では図 2 に示すように、下地層上にフェライト薄膜を形成し、下地層の構造によって上部フェライト層の結晶ならびに微細構造を制御しようとするものである。

ここでは、フェライト層としてバリウムフェライトおよびストロンチウムフェ

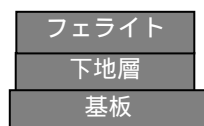


図 2 二層構造

ライト薄膜を検討した。

下地層

Al ならびに非晶質シリコン下地層そして相分離型合金として知られている Al-Si 合金をそれぞれ下地層として用い検討を行なった。

特性評価

得られた薄膜の磁気特性は試料振動型磁力計を用いて評価した。結晶学的性質は X 線回折装置、表面構造は原子間力顕微鏡並びに走査型電子顕微鏡を用いて行なった。

4. 研究成果

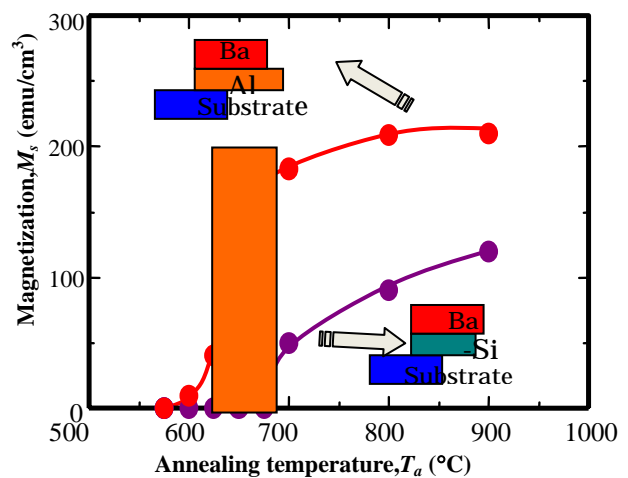


図 3 . Al と Si 下地層における Ba フェライトの結晶化温度

(1) 相分離型下地層を用いた検討

本研究では下地層材料の違いによって、上部層であるフェライト層の結晶化の温度が異なる点を利用しようとしている。例えば、図 3 にバリウムフェライト薄膜の飽和磁化、そして図 4 に x 線回折ダイアグラムを示す。図 3 より、飽和磁化、 M_s は 600 以下の熱処理ではいずれもゼロであり、非磁性体すなわち非晶質状態であることがわかる。

同図からわかるように、Al 下地層では非晶質・非磁性フェライト薄膜を 650 近辺で結晶化することが出来る。これは図 4 の X 線回折ダイアグラムからも明らかのように、Al 下地層上では、熱処理温度が 650 以上でフェライト相からの回折線、主には c 面からの回折線を観察することが出来る。一方、非晶質シリコン下地層上では、結晶化(磁性体化)は 700 以上で生じる。しかしながらその値は Al 下地層上のバリウムフェライト薄膜の飽和磁化と比較して約半分の値である。このことは図 4 から理解出来るが、非晶質シリ

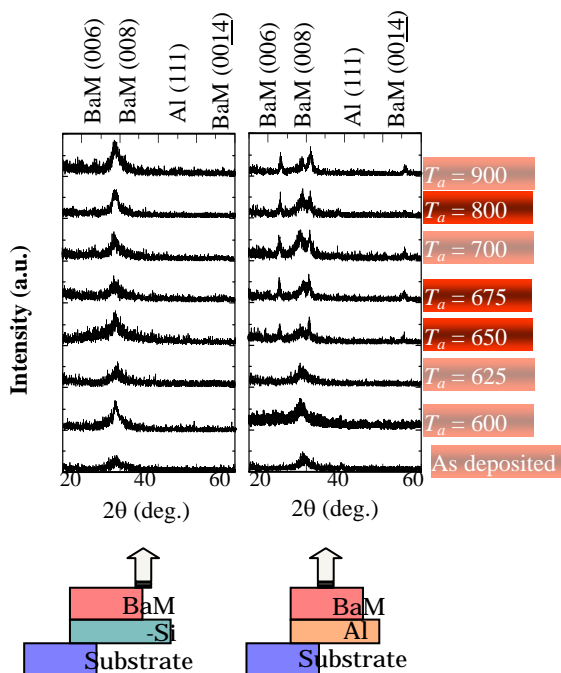


図4 Al およびSi 下地層上のBaM 薄膜の
x線回折ダイアグラム

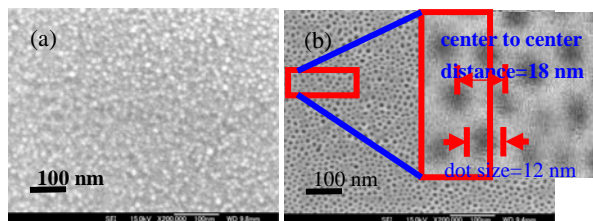


図5 Al-Si 層分離合金薄膜の表面構造
(a) as depo., (b) after etching
コン下地上のバリウムフェライト薄膜は

700 以上の熱処理による結晶化でも、その結晶性は低く明確な回折線を観測することが出来ない。それ故、結晶構造に起因、磁気モーメント（飽和磁化）も低い値となることが理解出来る。

Al-Si 薄膜はある組成範囲で相分離型であることが知られており、上記のようにAl 下地部分とシリコン下地部分とに分離することが予想される

図5は本研究で開発した相分離型Al-Si 薄膜の表面構造を示す。図5(a)は成膜後の表面写真である。白い部分がAl のナノスポットになっている。これをより明確に示すために、リン酸によって表面をエッチング処理を施したものが同図(b)である。直径約12nm のナノドットが自己組織的に形成されていることが分かる。単純計算でこのAl ナノドット上に部分的に結晶化したフェライト薄膜

が形成出来れば、自己組織化下地相を用いた

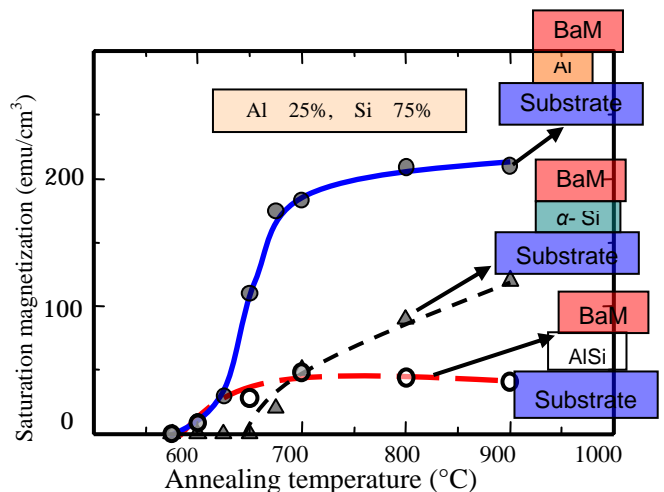


図6 各種下地層上のバリウムフェライト薄膜の飽和磁化の熱処理依存性

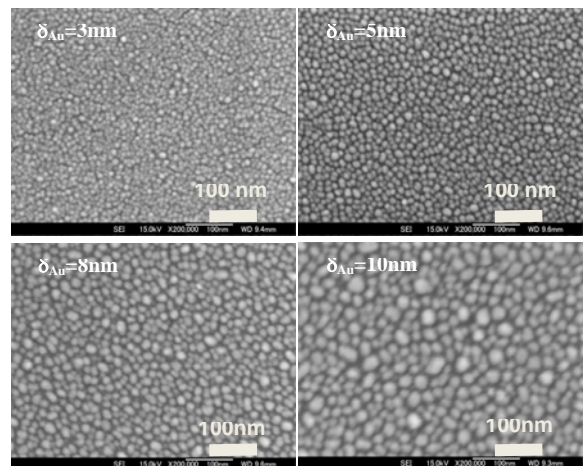


図7 金下地層の各種膜厚における表面構造

パターン媒体が形成可能となる。

実際に飽和磁化(M_s)について評価したものが図6である。飽和磁化は600 以上で認められ、700 以上でほぼ一定値となる。しかしながらその値は低いものである。同図に示すように、下地層のAl-Si層のAl組成は約25%である。よって、Alナノスポット上のフェライト層のみが結晶化しパターン媒体を構成した場合、飽和磁化は約4分の1となる。同図から計算するとほぼ50 emu/cm^3 であり、100%フェライト薄膜の25%の値となる。このことは、本研究の目的であるナノスポット結晶化法によるバリウムフェライト薄膜のパターン媒体が形成可能であること示唆している。

(2) 金(Au)下地を用いたナノスポット構造を有する六方晶フェライト薄膜形成

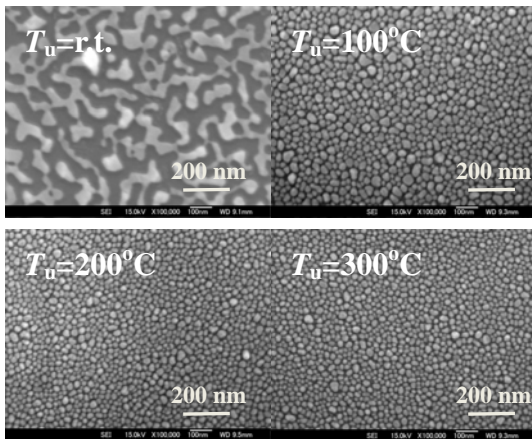


図 8 各種基板温度で形成した金下地層の表面構造

これまでバリウムフェライトやストロンチウムフェライトなどの六方晶フェライト薄膜形成にはその耐熱性の観点から熱酸化シリコンウエファー(SiO₂/Si)が用いられてきた。HDD基板と言う観点からはガラス基板の使用が望まれるがフェライト相の結晶化には高温が必要であり、基板自体を加熱することが困難であった。ここでは金薄膜を用いて検討を行なったところガラス基板(コーニング社製耐熱ガラス)でも結晶化が可能であるという画期的な成果を得た。

金(Au)薄膜の構造は基板温度やその厚みに依存した構造を示す。図7に厚さの異なるAu薄膜の表面写真を示す。厚さが10nmで約20~30nmのAuナノドットが、そして厚さを薄くするにつれてそのドットサイズが小さくなるのがわかる。

図8は厚さ10nmで基板温度が室温から300℃において形成されたAu薄膜の表面構造を示す。室温形成では島状構造であるが、基板温度の上昇に伴って金のナノスポットが形成されるようになる。そしてそのサイズは基板温度が高くなると小さくなる傾向にある。この金スポット上のフェライト層のみを結晶化させればパターン媒体が形成可能となる。

図9は基板温度が室温から300℃で形成したAu下地層上に、基板温度525℃で形成したフェライト薄膜のMプロットを示す。同図には比較のためにPt下地層を用いた場合のMプロット(SrM/Pt(r.t.)/SiO₂/Si)を示している。同図から明らかなようにPt下地層上では大きな負の相互作用が磁性粒子間に作用していることがわかる。つまりフェライト薄膜は連続的であることを意味している。一方、金(Au)下地層を用いた場合、Mプロットは負の値を示すがその値そのものが減少し、Au層形成時の基板温度が200℃以上の場合、相互作用がほぼゼロになっている。これは、磁性粒子間において交換相互作用や

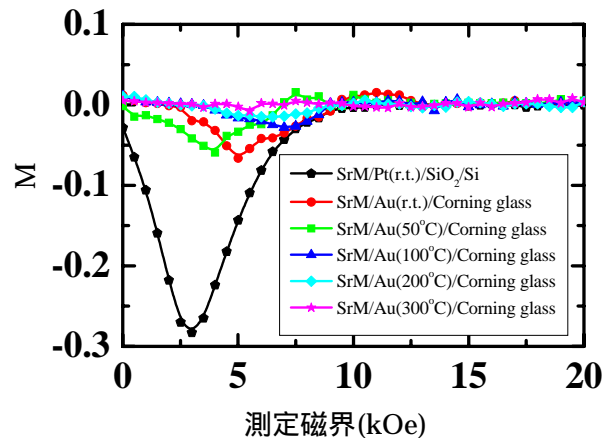


図 9 各種基板温度で形成された金下地層上のストロンチウムフェライト薄膜の M プロット

静磁結合がほぼ消失したことを意味しており、高密度記録に適した一個一個の独立した粒子構造が実現されたことを示唆している。

以上、研究期間内において得られた成果を記述したが、自己組織化下地層を用いたフェライト薄膜のナノスポット結晶化法を提案し、その実現の可能性を明らかにした。実際には、パターン化の検証のためには高性能な磁気力顕微鏡での観察が不可欠であったが、現有設備ではなく、未だ行っていない。今後の課題である。しかしながら飽和磁化の評価や M プロットの評価から間接的ではあるが、磁氣的結合の切れた、ナノスポット状のフェライト粒子薄膜がナノスポット結晶化法によって形成出来たことを明らかにした。

以上のように本研究はパターン媒体のための基礎的な検討結果ではあるが、ドットサイズやドット間距離の制御法を確立することによって、より簡便なパターン媒体の作製法を確立することが出来るであろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2件)

1. Arkom Kaewrawang, Ali Ghasemi, Xiaoxi Liu, Akimitsu Morisako, "Properties of Sr Ferrite Thin Films on Al-Si Underlayer," IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol.45, No.6, 2587-2589(2009). (査読有)
2. Arkom Kaewrawang, Go Ishida, Xiaoxi Liu, Akimitsu Morisako, "Epitaxial Growth of SrM(001) Film on Au(111)," IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,

Vol. 44, No. 11, 2899-2902(2008). (査読有)

[学会発表](計 4件)

1. Arkom Kaewrawang, Ali Ghasemi, Xiaoxi Liu, Akimitsu Morisako, "Properties of Sr ferrite thin films on AlSi underlayer," Asia Magnetism Conference 2008, Paradise Hotel, Busan, Korea (2008年12月11日).
2. Arkom Kaewrawang, Xiaoxi Liu, Akimitsu Morisako, "Crystallographic and magnetic properties of SrM film on various underlayers and substrates," 53th Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Austin, Texas(2008年11月11日)
3. Arkom Kaewrawang, Ali Ghasemi, Xiaoxi Liu, Akimitsu Morisako, "The effect of AlSi underlayers on Sr-ferrite sputtered films," The 10th International Conference on Ferrites, Chengdu, China (2008年10月12日).
4. Arkom Kaewrawang, Go Ishida, Xiaoxi Liu, Akimitsu Morisako, "Epitaxial Growth of SrM(001) Film on Au(111)" IEEE International Magnetism Conference, Municipal Conference Center, Madrid, Spain(2008年5月5日).

6 . 研究組織

(1)研究代表者

森迫 昭光 (MORISAKO AKIMITSU)
信州大学・工学部・教授
研究者番号：20115380

(2)研究分担者

劉 小晰 (LIU XIAOXI)
信州大学・工学部・准教授
研究者番号：10372509

武井 重人 (TAKEI SHIGETO)
(太陽誘電)
研究者番号：なし