

高性能性六方晶フェライト薄膜の高速低温創製に関する研究

森迫昭光

信州大学工学部助教授

1. まえがき

現在、10~20ギガビット/平方インチという超高密度磁気記録を目指した研究開発が盛んに行なわれている。これを実現するには優れた磁気的な性質はもちろんのこと、機械的な強度や化学的安定性などの他の機能についても優れている必要がある。現在はこの高密度記録媒体に対して、コバルト系の合金薄膜が盛んに研究されている。

一方、永久磁石材料としてよく知られている、バリウムフェライトも磁気記録材料として適用可能である。この粉末を用いた塗布型の記録媒体はすでに実用化されている。しかしながら上に述べたような超高密度記録を達成するには、塗布型媒体ではその限界は明らかであり薄膜化が強く望まれている。このバリウムフェライトの結晶系は六方晶であるためその磁化容易軸であるc軸を薄膜基板に対して垂直に配向できれば、垂直磁気記録媒体として応用でき、またc軸を薄膜基板面内に配列できれば長手記録媒体として応用できる。

これまで筆者らは基板として熱酸化シリコンを用いてバリウムフェライト薄膜を高周波スパッタ法を用いて形成しc軸が基板面に垂直に配向させることが可能であること、また高密度記録も実際に可能であることを示してきた¹⁾。しかしながら問題点として薄膜形成時の基板温度を620℃にまで高めねばならず、実用化を考えるうえでは低温形成を強く要求されてきた。もしくは、量産性に優れた作製方法の開発が要求されてきた。

本研究では六方晶バリウムフェライト薄膜の実用化と量産性を考慮した低温形成の可能性を検討している。

2. 実験方法

六方晶バリウムフェライト薄膜作製には通常のマグネトロンスパッタ法ならびに図1に示す、プラズマからのダメージが少ない対向ターゲット式スパッタ法を用いて行った。基板には石英ガラスならびに熱酸化シリコンを用いている。ターゲットは化学量論組成のバリウムフェライト ($BaFe_{12}O_{19}$)を還元し、導電性を付与した焼結フェライトを用いている。

ここでは実用化に対して最も有効でありかつ量産性に優れてバッチ処理を提案した。

すなわち、まず薄膜を室温もしくは低温で形成し、その後熱処理を施すことによって結晶化をはかりそ

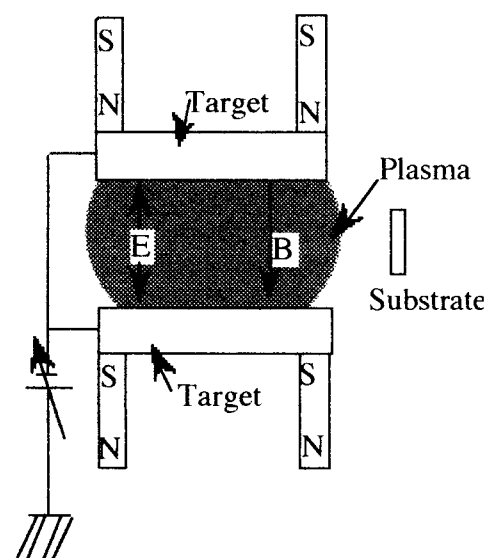


図1 対向ターゲット式スパッタ法

の磁気特性や結晶学的性質を詳細に検討した。得られた薄膜の特性をもとに、1.9インチ径のハードディスクを形成し実際の記録再特性の検討も行った。

3. 実験結果

3-1 熱処理温度依存性^{2),3)}

基板温度が500℃以下で薄膜形成を行った場合は、薄膜は非晶質であり、非磁性体である。ここでは、これらの薄膜を結晶化するために、空气中で熱処理を行った。

具体的には、通常のマグネトロンスパッタ法と図1に示した対向ターゲット式スパッタ法で薄膜形成を行い、同一条件で熱処理を施しその結晶化温度を検討した。

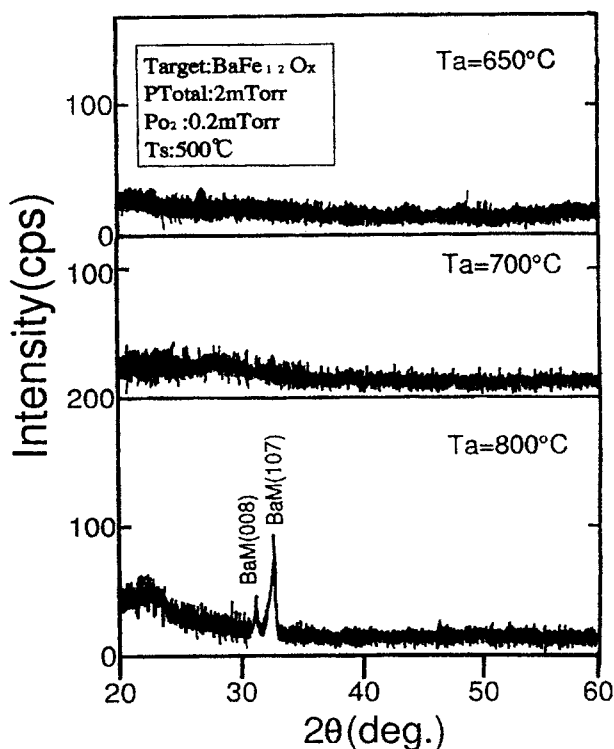


図2
マグネトロンスパッタ法で作製した薄膜の熱処理後の x 線回折ダイアグラム

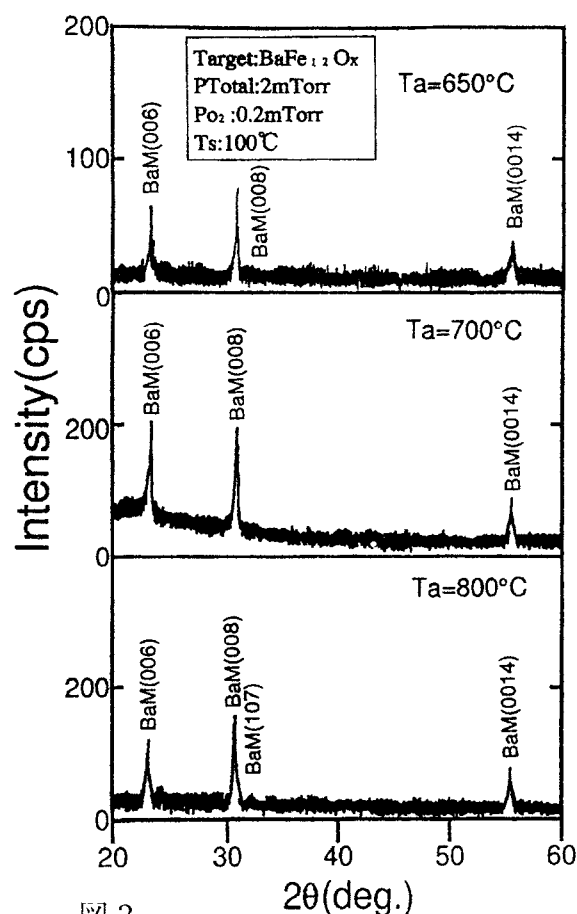


図3
対向ターゲット式スパッタ法で作製した薄膜の熱処理後の x 線回折ダイアグラム

図2にマグネトロンスパッタ法で作製した薄膜の熱処理後の x 線回折ダイアグラムを示し、図3には対向ターゲット式スパッタ法で作製した薄膜の熱処理後の x 線回折ダイアグラムを示す。これから明らかなようにマグネトロンスパッタ法で作製した薄膜の結晶化温度は約800℃であり、650℃ならびに750℃では回折線は観察されず非晶質であった。一方、図3に示すように対向ターゲット式スパッタ法で形成した薄膜の熱処理では、

650℃ですでに結晶化しており、しかも六方晶のc軸が基板面に垂直に配向した薄膜となることがわかる。垂直磁気記録媒体としては磁化容易軸が垂直方向にあることが必要であり、図2に示したマグネトロンスパッタ法ではc軸配向膜は形成できないことがわかる。通常のマグネトロンスパッタ法では基板とターゲットは向かい合っており、ターゲット表面から放出されるγ電子や反跳アルゴンは高エネルギーで成長過程にある薄膜を衝撃するため、数多くの欠陥をもつ薄膜が形成される。このことが熱処理における結晶化温度を高くしているものと考えられる。一方、対向ターゲット式スパッタ法では成長過程にある薄膜は、プラズマからの擾乱やターゲットからの高エネルギー粒子の基板衝撃が極めて少ないために、六方晶の最密面であるc面が容易に基板面と平行に配向出来るものと考えられる。また非晶質薄膜に対する成長過程におけるダメージも少ないため、より低温で結晶化が可能となったものと推察される。

以上のことよりバリウムフェライト薄膜作製には対向ターゲット式スパッタ法が適していることが明らかになった。図4に対向ターゲット式スパッタ法において各基板温度で作製した薄膜の保磁力の熱処理温度依存性を示す。基板温度が100℃以下で作製した薄膜は2～4kOeの保磁力が得られ高密度記録に適していることがわかる。

加えて図の5に示すように記録媒体として重要な因子である角形比もマグネトロンスパッタ法（ここではDCMSと表記）で形成された薄膜と比較してかなり高い値が得られており磁気的な性質が優れていることがわかる。

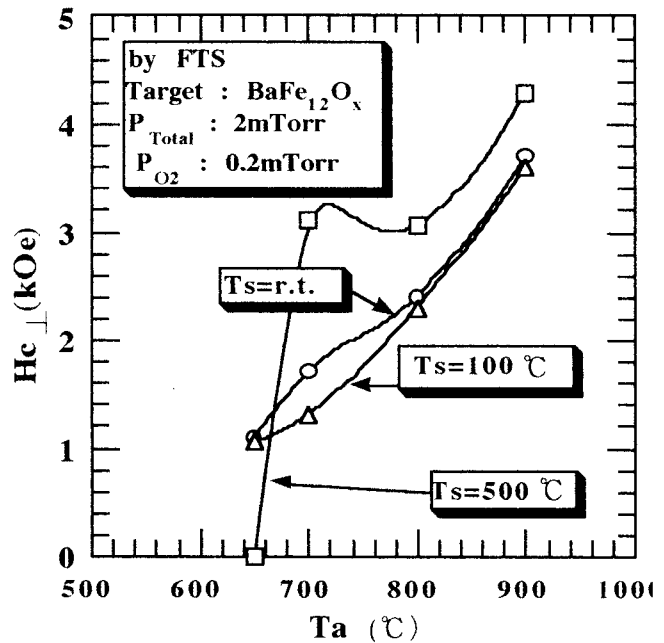


図4 保磁力の熱処理温度依存性

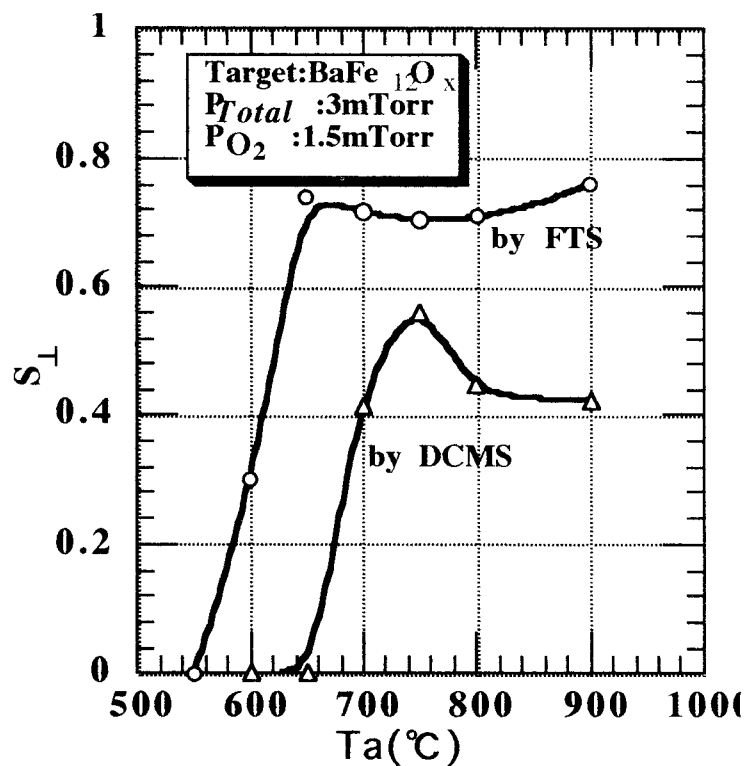


図5 角形比の熱処理温度依存性

3-2 熱処理時間依存性⁴⁾

高密度磁気記録媒体は薄膜化高保磁力化が必要条件であるが、低雑音であることも必要である。すなわち薄膜構成粒子の微粒子化が強く望まれる。基本的には非晶質状態が粒子雑音に関しては理想的であるが、フェライト薄膜の場合結晶化することによって磁氣的性質を生じるので、この結晶子の成長を抑制することが基本となる。ここでは熱処理時の時間を変化することで結晶化ならびに粒子に関する検討を行った。

薄膜形成は対向ターゲット式スパッタ法を用いている。

熱処理は電気炉を用いてあらかじめ900°Cに設定し、この中に短時間挿入することにより行った。図6に薄膜の飽和磁化の熱処理時間依存性を示す。図からわかるように約45秒間の熱処理で飽和磁化が発生しており時間の増加とともに飽和磁化は増加することがわかる。

図7には保磁力の熱処理時間依存性を示す。時間の増加とともに保磁力は増加し約100秒前後で3 kOe程度の保磁力となり、さらに長時間の熱処理で保磁力は増加し4~4.5kOe程度の値となる。

以上のことから、熱処理時間は約45秒と非常に短時間の熱処理でも十分結晶化することが明らかになった。

一方、薄膜の表面をSEMで観察した結果を図8に示す。as-depo状態では表面には何も観察されず

極めて滑らかな表面となっている。そし

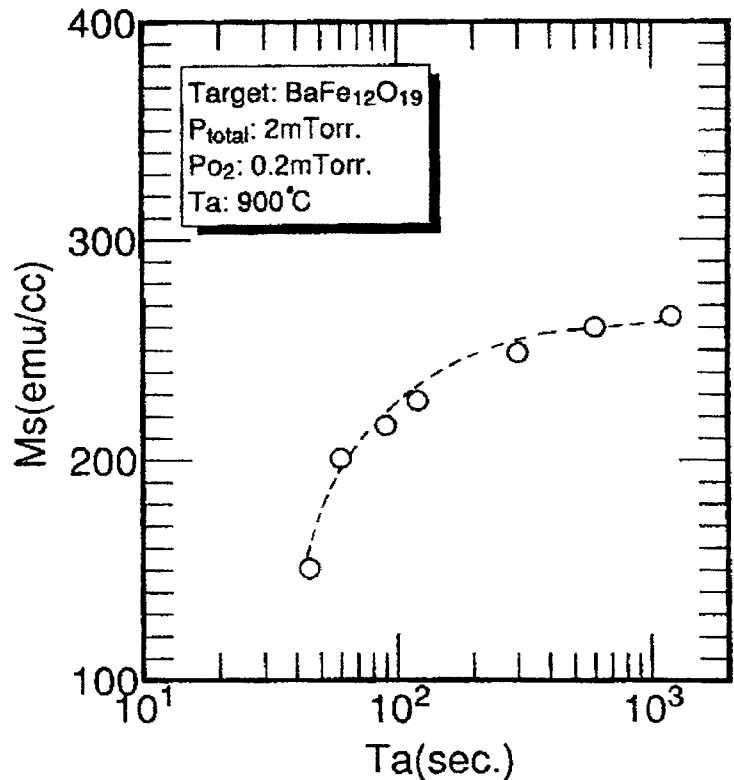


図6 飽和磁化の熱処理時間依存性

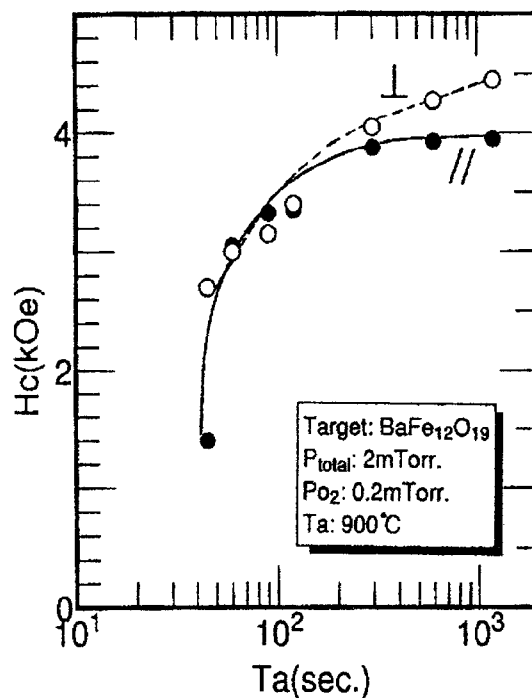


図7 保磁力の熱処理時間依存性

て45秒の熱処理後では約200Å程度の微細な粒子が形成されていることがわかる。さらに長時間の熱処理では、次第に粒子が成長し5時間の熱処理では2000Å程度の

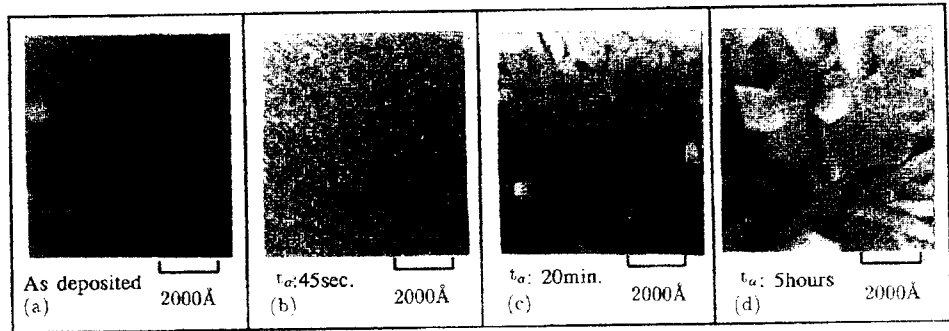


図8 各時間で熱処理した薄膜の表面構造

大きな粒子に成長することがわかる。ここでは、装置のつごうで熱処理に電気炉を用いているが、高エネルギーレーザー光等の照射も有効である。

3-3 記録密度特性

ここでは、実際に1.9インチ径のハードディスクを形成し、その記録密度特性を評価した。評価にはスピンドスタンドを用いて、書き込みはトラック幅 $2.7\mu\text{m}$ の薄膜ヘッド、そして再生はトラック幅 $2.5\mu\text{m}$ のMRヘッドを用い、ディスクの周速は $5.7\text{m}/\text{秒}$ で行った。

図9に代表的な記録密度特性を示す。ここで示したディスクは、対向ターゲット式スパッタ法で形成した薄膜を 900°C で100秒間熱処理したものである。

記録密度として D_{50} は約150kfrpiが得られていることがわかる。またここには示していないが、270kfrpiにおけるC/N比は約10dBであった。

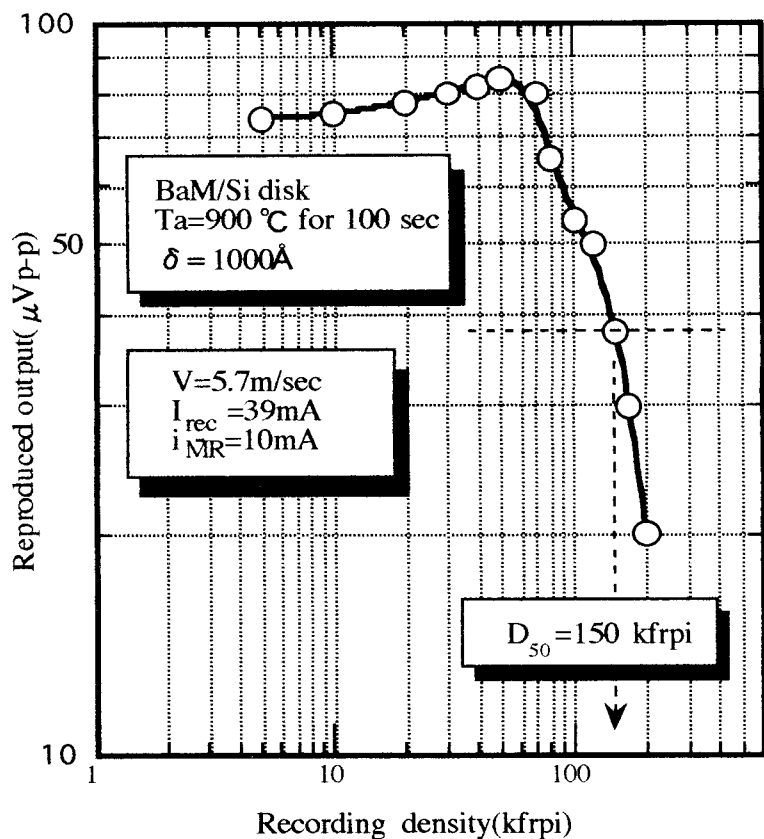


図9 記録密度特性

4. まとめ

本研究では、磁気記録媒体の実用化ならびに量産性と言う観点からバリウムフェライト薄膜の低温形成を試みた。そして次世代の高密度記録媒体として適する基本的な性質を有していることを明らかにした。基本的には、薄膜形成中に結晶化をさせる方法が結

晶学的性質ならびに磁氣的性質の観点から最良であるが、現在のところ525℃程度で結晶化できるようにはなっている。

今後は、薄膜形成中の基板温度のさらなる低下を目的とした研究を進めるとともに、ここで報告した方法によるバリウムフェライト薄膜のさらに低雑音化を図り、実用的な媒体開発を目的とした研究をあわせて進める予定である。

最後に本研究を実施するにあたり多大な御支援を賜った（財）高柳記念電子科学技術振興財団および当財団の関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) A.Morisako, M.Matsumoto and M.Naoe:IEEE Trans. on Magn., MAG-22, No5, pp.1146-1148(1986).
- 2) A.Morisako, M.Matsumoto and M.Naoe:J. Appl. Phys., Vol79, No.8, pp4881-4883(1996).
- 3) A.Morisako, M.Matsumoto and M.Naoe:IEEE Trans on Magn., Vol.32, No.5, pp-3819-3821(1996).
- 4) A.Morisak, X.Liu, F.Wada, S.Takei, M.Matsumoto and M.Naoe:J. Phys. IV France7, pp-741-742(1997).