

研究報告書

「電界書込み型の超低消費電力磁気メモリの開発」

研究期間： 2015 年 10 月～2019 年 3 月

研究者： 吉村 哲

1. 研究のねらい

超大容量・低消費電力稼働型の磁気メモリ(レーストラックメモリ)における、低消費電力書込みを可能にする電界書込み方式の実現を最終目的とし、強磁性・強誘電薄膜(電界書込み素子に相当)と垂直磁気異方性を有する強磁性金属薄膜(ワイヤー状記録媒体に相当)からなる2層積層膜を作製し、それに電界のみを印加することで強磁性・強誘電薄膜の磁化方向の変化を介して強磁性金属薄膜の磁化方向を反転(磁気転写)させるデモンストレーションを行うことを、本研究のゴールに位置付けている。尚、磁化反転の検証においては、静的な変化のみならず、電界に対する磁化の動的な変化を観測することを目標としている。

そのために、

A-a. 大きな飽和磁化、垂直磁気異方性、大きな磁気 Kerr 効果、を有する強磁性・強誘電薄膜を探索し、それを高品位に作製する手法を確立し、

A-b. 強磁性・強誘電薄膜の電界印加に対する磁化の動的変化を測定できる「電気磁気効果測定装置」を新規に構築し、薄膜試料の測定を行いながらその測定性能の向上を図り、

B. 強磁性・強誘電薄膜上でも垂直磁気異方性を有してかつその大きさを制御できる強磁性金属薄膜を作製し、

C. A-a で作製した高品位および高機能な強磁性・強誘電薄膜に、B で作製した垂直磁気異方性を有してかつその大きさを制御できる強磁性金属薄膜を成膜した2層積層膜を作製し、走査型プローブ顕微鏡ならびに A-b で構築した「電気磁気効果測定装置」を用いて、その2層積層膜に電界のみを印加することで強磁性・強誘電薄膜の磁化方向の変化を介して強磁性金属薄膜の磁化方向が変化したこと(磁気転写)を、静的ならびに動的にも確認する。

2. 研究成果

(1)概要

A-a. $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ 薄膜の成膜にあたって、反応性パルス DC スパッタリング法を用いると、一般的な成膜方法である RF スパッタリング法を用いた場合に比較して、高品位に作製することが可能となり、その結果、飽和磁化が 1.5 倍 ($60 \rightarrow 90 \text{ emu/cm}^3$) に増大した。また、置換元素を Ba から La に代えた $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜においては、これまでの $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ 薄膜に比較して、飽和磁化は同等かやや小さいが、保磁力は2倍ぐらいに増大し、かつ明瞭な垂直磁気異方性も有した。 $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜において、走査型プローブ顕微鏡を用いて局所電界書込みを行い、その部分の磁区構造を磁気力顕微鏡で観察した結果、書込んだ領域において明瞭な磁気コントラストが得られ、 $0.5 \mu\text{m}$ 幅までは書込みできることが判った(磁化の静的変化)。

A-b. 磁気 Kerr 効果測定装置と強誘電テスターとを組み合わせ構築した「電気磁気効果測定装置」に関し、高い周波数の印加電界に対する磁化変化を高い感度で検出できるように

するため、高周波対応化、高感度化、高分解能化、を施し、強磁性・強誘電薄膜の電界印加に対する磁化の変化を検出しようと試みたが、装置に搭載しているレーザー波長(400 nm)では、 $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜の磁気 Kerr 効果は非常に小さく、磁化変化は観測できなかった。今現在、 $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜において大きな磁気 Kerr 回転角が検出できる波長 700 nm のレーザーを追加装備するなどの改良を継続している。

B. $[\text{Co}/\text{Pd}]_n$ 多層膜の作製において、熱酸化膜付き Si 基板上および強磁性・強誘電薄膜上いずれにおいても、1層あたりの膜厚や積層数を変化させることで、磁気異方性の異なる垂直磁化薄膜の実現に成功した。そして、ワイヤー状記録媒体に適する磁気特性を有する多層膜作製条件を特定した。

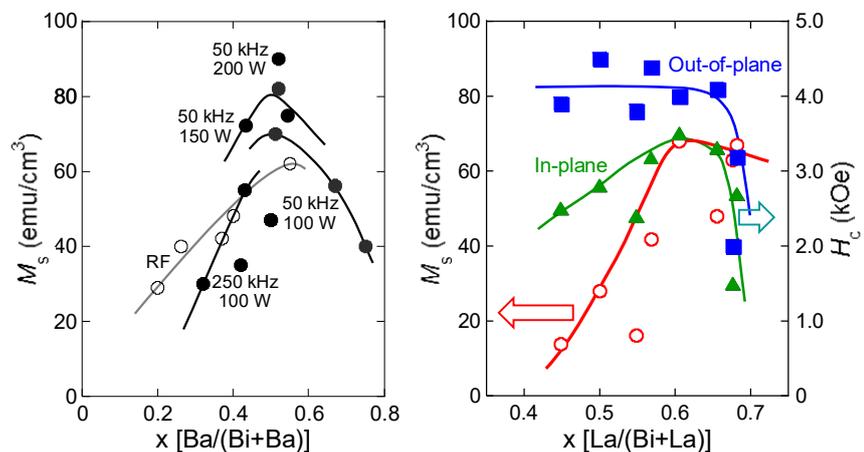
C. 高品位な $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 強磁性・強誘電薄膜上に、ワイヤー状記録媒体と同等の磁気特性を有する $[\text{Co}/\text{Pd}]_n$ 多層膜ドット($\phi 3\sim 20 \mu\text{m}$)を成膜した2層積層膜において、走査型プローブ顕微鏡を用いて局所電界書き込みを行い、その部分の磁区構造を磁気力顕微鏡で観察した結果、書き込んだ領域に存在した $[\text{Co}/\text{Pd}]_n$ 多層膜ドットの磁区構造が変化していることから、磁気転写に成功したと考えられる(磁化の静的変化)。しかし、 $[\text{Co}/\text{Pd}]_n$ 多層膜ドットの磁化の動的変化は、「A-b」に記載の原因で、観測できなかった。

(2) 詳細

研究テーマ A-a 「高品位・高機能な強磁性・強誘電薄膜の作製およびその特性評価」

平成28年度までは、RF スパッタリング法により、Bi-Ba-Fe-O 酸化物ターゲットを用いて、 $(\text{Bi,Ba})\text{FeO}_3$ 薄膜の作製を行ってきたが、高品位な薄膜を得ることが難しかったので、平成29年度から、新しく製品化されたパルス DC 電源を用いた反応性スパッタリングにより、 $(\text{Bi,Ba})\text{FeO}_3$ 薄膜および $(\text{Bi,L a})(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜の作製を試みてきた。スパッタリングターゲットには Fe 粉末と

$\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ 粉末を焼結させた導電性ターゲットおよび Fe 粉末と Co 粉末と LaFeO_3 粉末を焼結させた導電性ターゲットをそれぞれ用いた。各ターゲットの上に $5 \times 5 \times 1 \text{ t}$ の Bi シートを3~6枚置いて、



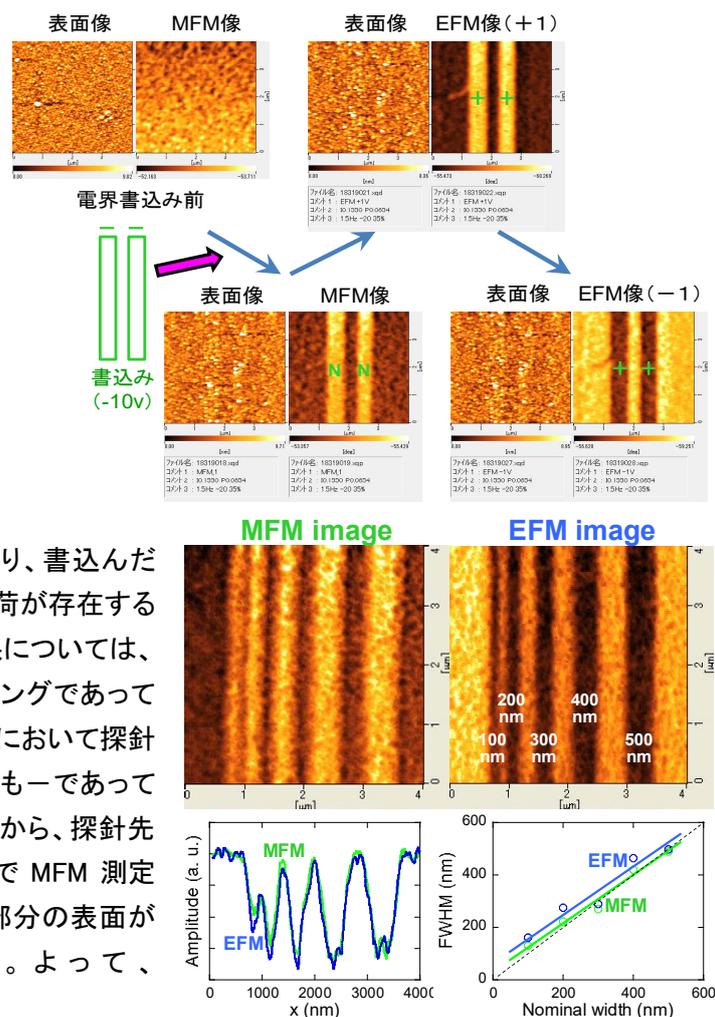
て、薄膜の組成を変化させた。図(左)に $(\text{Bi,Ba})\text{FeO}_3$ 薄膜における飽和磁化の Bi に対する Ba 置換量依存性を、図(右)に $(\text{Bi,L a})(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜の飽和磁化および薄膜面垂直方向と面内方向の保磁力における、Bi に対する La 置換量依存性を示す。飽和磁化に関し、 $(\text{Bi,Ba})\text{FeO}_3$ 薄膜については Ba 置換量が 50 at%程度で、 $(\text{Bi,L a})(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜については La 置換量が 60 at%程度で、それぞれ最大を取り、それぞれの最大値は、 $90 \text{ emu}/\text{cm}^3$ および $70 \text{ emu}/\text{cm}^3$ であった。ここで、 $(\text{Bi,Ba})\text{FeO}_3$ 薄膜については、RF スパッタリング法により作製した

場合の値も示しており、反応性パルス DC スパッタリング法で作製した場合の飽和磁化は RF スパッタリング法で作製した場合のそれより 1.5 倍も大きくなり、成膜速度も10程度速くなり、明らかな効果が見られた。それ以上の置換量においては減少した。保磁力に関し、(Bi,Ba)FeO₃ 薄膜については(図には示していないが)薄膜面内方向の方が薄膜面垂直方向よりも大きくて 2 kOe 程度であった。(Bi,La)(Fe,Co)O₃ 薄膜については膜面垂直方向の方が膜面内方向よりも大きく、かつ最大で 4 kOe 以上の値が得られた。ただし、65 at%以上の La 置換量の増大に伴い、保磁力は大きく低下した。50~60at%までの元素置換量の増大に伴う磁気特性の向上は Fe 原子のフェリ磁性化によるもの、65 at%以上の元素置換量における磁気特性の劣化は構造解析の結果から第二相の生成によるもの、と考えられる。尚、パルス周波数と成膜電力を変化させる検討もしており、パルス周波数が小さいほど、成膜電力が大きいほど、飽和磁化が高くなる傾向にあった。それらの要因として、数十ボルトのプラスの電圧が印加されて成膜が行われない時間が長くなること、スパッタ粒子が高いエネルギーを持って基板上に堆積すること、つまり、いずれも「スパッタ粒子の表面拡散の促進」に寄与するものであったからと考えられる。

良好な磁気特性および強誘電特性が得られた(Bi,La)(Fe,Co)O₃ 薄膜において、走査型プローブ顕微鏡を用いた電界書き込み、および磁気力顕微鏡(MFM)による磁区構造評価と電気力顕微鏡(EFM)による分域構造評価を行った。MFM 測定における探針先端の磁極を「N」とし、EFM 測定における探針先端の電荷は「+」と「-」の両方とした。

導電性探針に-10 V の電圧を印加し、0.5 μm 幅で 0.5 μm 間隔で2本書込みを行った。その後、該当箇所の MFM 測定、EFM 測定(探針に+1 V を印加)、EFM 測定(探針に-1 V を印加)、を行った。本測定結果を右図に示す。EFM 測定結果について、探針先端の電荷を反転させるとそれに

応じて像のコントラストも反転しており、書込んだ部分の表面においてプラスの電荷が存在することが判る。また MFM 測定結果については、図には示していないが、どのタイミングであっても(MFM 測定直前の EFM 測定において探針に印加された電圧が+であっても-であっても)同様の像が得られていることから、探針先端に電荷が残留していない状態で MFM 測定が行われていること、書込んだ部分の表面が磁化している、と言える。よって、

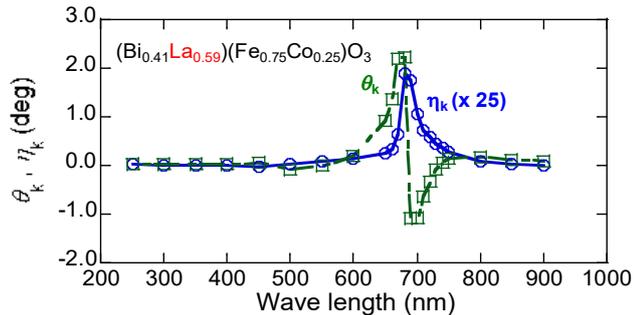
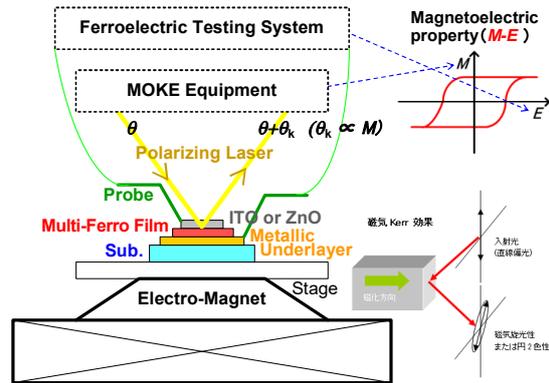


(Bi,La)(Fe,Co)O₃ 単層膜において、静的な電界印加磁化反転が観測されたと言える。

さらに、本薄膜において、どこまで細い幅で書込むことができるか検討した。500, 400, 300, 200, 100 nm 幅で、導電性探針に-10 V の電圧を印加して書込み、その後、該当箇所の MFM 測定、EFM 測定(探針に-1 V を印加)、を行った。本測定結果およびそのラインプロファイルを前頁下図に示す。300 nm 幅までにおいては、おおよそ設定通りの幅で書込みされているが、それ以下の幅においては、実際に書込まれた幅が設定幅よりも大きくなる傾向にある。以上より、想定されるワイヤー状記録媒体におけるビットの幅(100 nm 程度)に近いレベルである 300 nm 幅までの電界書込みが可能であることが判る。

研究テーマ A-b 「『電気磁気効果測定装置』の新規構築」

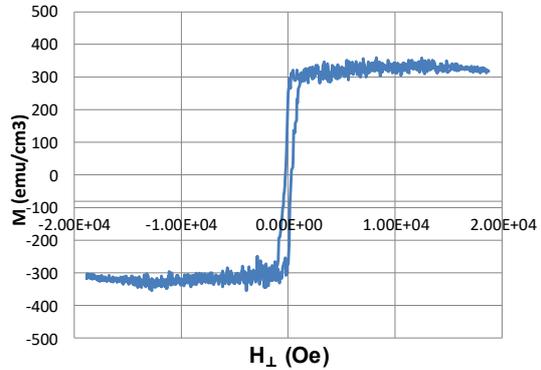
本研究で新規に構築を試みてきた、印加電界に対する磁気応答(動的変化)を測定するための「電気磁気効果測定装置(右図)」において、種々の薄膜試料の測定結果をふまえて、より正確な測定を行うことができるよう、磁気 Kerr 効果検出系における、レーザの変調法の適用による高周波対応化・磁気信号の同期検波法の適用による高 SN 比化、に加え、素子の微細化に合わせたレーザ径の縮小(対物レンズを×5 ⇒ ×50)、作製した薄膜試料において大きな磁気 Kerr 効果が得られるレーザ波長の変更(400 nm ⇒ 700 nm)、などの改造を行った。この改造に関する検討の一環で行った、磁気 Kerr 効果のレーザ波長依存性に関する実験結果を右図に示す。



(Bi,La)(Fe,Co)O₃ 薄膜の磁気 Kerr 回転角および楕円率のレーザ波長依存性の通り、レーザ波長が 400 nm の場合、回転角と楕円率、いずれにおいても非常に小さくノイズレベルであったが、波長が 650~700 nm の場合において、非常に大きな回転角および楕円率が得られていることが判った。ここで、特異点的に巨大な磁気 Kerr 効果が得られる一般的な要因として、レーザ光の多重反射や表面プラズモンの影響などが挙げられる。しかし、前者が起こっている場合は、膜厚を変化させると大きな磁気 Kerr 効果が得られる波長が変化すると考えられるが、本薄膜の場合では膜厚を 300 nm から 200 nm、100 nm へと薄くしても大きな磁気 Kerr 効果が得られる波長は変化せず、かつ波長依存性がブロードになることから、本現象が起こっている可能性は高くないと考えられる。また、後者の影響は導電性試料において見られる現象であり、強誘電特性が得られかつ素子抵抗が数十 MΩ 以上である本薄膜は絶縁物であることから、表面プラズモンの影響も可能性は高くないと考えられる。よって、本薄膜の巨大な磁気 Kerr 効果は、本材料が有している特長であるかもしれない。そして、ここで得られた、極めて大きな磁気 Kerr 効果(回転角 2°)は、現行の光磁気材料でも導出が容易ではない値であり、本材料を新たに光磁気デバイスに適用できる可能性があることが判った。

研究テーマ B 「垂直磁気異方性制御が可能な金属強磁性薄膜の作製」

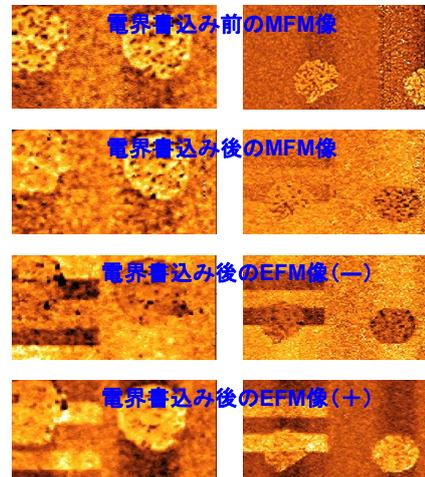
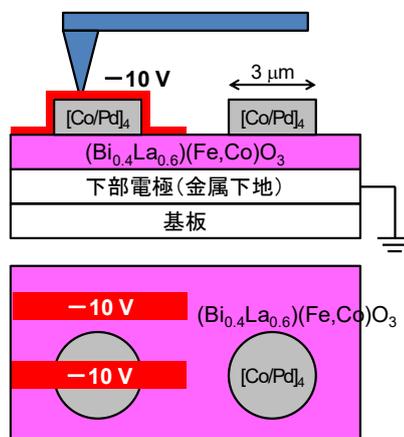
強磁性・強誘電薄膜上に、ワイヤー状記録媒体を想定した垂直磁気異方性を有する強磁性金属薄膜を成膜するにあたり、その強磁性金属薄膜として、磁気転写のデモンストレーション用に、飽和磁化および垂直磁気異方性の調整が可能とされている[Co/Pd]_n 多層膜を選定した。飽和磁化に関しては、ワイヤー状記録媒体として優れた適性を有しているスキルミオン材料と同程度の数百 emu/cm³ 程度になるよう、条件を固定した(CoとPdの膜厚比を1:3とした)。垂直磁気異方性を変化させるために、全膜厚を 20 nm 程度にしながらか積層回数を変化させた(それに伴い1層あたりの膜厚を変化させた)。その結果、右図に示すように、Coを0.7 nm、Pdを2.0 nm、として、7セット積層させた[Co/Pd]₇ 多層膜において、スキルミオン材料と同程度の数百 Oe 程度の保磁力が得られることが判った。また、この多層膜は、熱酸化膜付き Si 基板に成膜したものであるが、強磁性・強誘電薄膜上に成膜した場合においても、全く同様の磁化曲線を有することを確認した。よって、研究テーマ C における磁気転写のデモンストレーションにおいて、研究テーマ A-a の結果もふまえ、(Bi_{0.4}La_{0.6})(Fe,Co)O₃ / [Co(0.7nm)/Pd(2.0nm)]_n 2層積層膜を用いることにした。



研究テーマ C 「強磁性・強誘電薄膜／強磁性金属薄膜 2層積層膜での磁化の電界反転」

上記の通り、(Bi_{0.4}La_{0.6})(Fe,Co)O₃ / [Co(0.7nm)/Pd(2.0nm)]_n 2層積層膜を作製して、(Bi_{0.4}La_{0.6})(Fe,Co)O₃ 薄膜の電界印加磁化反転を介して、[Co(0.7nm)/Pd(2.0nm)]_n 多層膜を磁化反転させる(磁気転写)を試みた。まず、走査型プローブ顕微鏡を用いた静的磁気転写の実験については、[Co(0.7nm)/Pd(2.0nm)]_n 多層膜を 2~3 μm 径のドットに微細加工して多数配置させたものを用いた。これにより、電界を印加していないドットと印加したドットの両方の結果を同時に見比べることができる。作製した2層積層膜およびそれに電界印加した場所に関する模式図、そして、電界を印加する前の MFM 像、電界を印加(左側のドットのみ)した後の MFM 像・EFM 像、

を右図に示す。再現性の確認の意味も含めて、2か所測定した(2 μm 径のドットと 3 μm 径のドット)。電界印加前の [Co/Pd]_n 多層膜ドット(左右いずれも)の MFM 像では、黒と白



のコントラストがランダムにみられることから、磁化が上を向いている場所と下を向いている場所がランダムに混じっている消磁状態であることが判る。電界を印加した後の MFM 像を見ると、電界が印加されていない方(右)のドットのコントラストは何も変化はなく、電界が印加された方のドット(左)についてはコントラスト(黒い部分)がほとんどなくなり、消磁状態から磁化状態に変化した(磁化が下に向いた)と言える。ラインプロファイルの詳細な解析から、上向きに磁化していた部分の 75 %程度が下向きに反転したことが判った。この結果より、 $(\text{Bi}_{0.4}\text{La}_{0.6})(\text{Fe},\text{Co})\text{O}_3 / [\text{Co}(0.7\text{nm})/\text{Pd}(2.0\text{nm})]_n$ 2層積層膜において、静的な電界印加磁化反転(磁気転写)が観測されたとと言える。

3. 今後の展開

本研究では、強磁性・強誘電薄膜と垂直磁気異方性を有する強磁性金属薄膜からなる2層積層膜を作製し、それに電界のみを印加することで強磁性・強誘電薄膜の磁化方向の変化を介して強磁性金属薄膜の磁化方向を動的かつ明確に反転(磁気転写)させるデモンストレーションを行うことを、ゴールに位置付けている。これは、強磁性・強誘電薄膜を電界書き込み素子に見立て、垂直磁気異方性を有する強磁性金属薄膜をワイヤー状記録媒体に見立て、レーストラックメモリの電界書き込み機能検証を行うものである。これを真に検証するために、上記の通り、「電気磁気効果測定装置」におけるレーザの変調周波数の検討や強磁性・強誘電薄膜と強磁性金属薄膜との膜厚比の検討、などを行う予定である。

上記の検討における強磁性金属薄膜には、機能検証用として、小さい垂直磁気異方性を有する $[\text{Co}/\text{Pd}]_n$ 多層膜を用いた。次の段階として、デバイス性能(書き込み)検証を行うために、強磁性金属薄膜に、超低消費電力での磁気ドメイン移動が可能なスキルミオンを用いた2層積層膜を作製および評価する。あわせて、デバイス性能(読み込み)検証を行うために、フルホイストラー合金薄膜をも用いた3層膜を作製および評価する。

また、本研究で得られた想定外の成果である、巨大な磁気 Kerr 効果を発現する強磁性・強誘電薄膜については、光磁気デバイスに応用できる可能性がある。その一例として、8K(スーパーハイビジョン)の次の世代の技術として位置づけられている「立体映像」を表示するデバイス:空間光変調器がある。現在開発中の空間光変調器では、光を磁気で制御する手法として、スピン注入磁化反転方式が考えられているが、画素数の増大や像の巨大化により素子数が極めて多くなり、全体として莫大な電力を消費する。この空間光変調器に強磁性・強誘電薄膜を使用し、電界磁化反転方式を適用すれば、低消費電力稼働に伴う画素数の増大や像の巨大化を実現することができる。よって、強磁性・強誘電薄膜の応用展開の一つとして、光磁気デバイスを検討していくことを考えている。

4. 自己評価

研究目的の達成状況: 研究開始当初に掲げていた複数の開発項目に関し、途中で優先順位の高いものだけに絞った結果、強磁性・強誘電材料薄膜の開発においては、目標の磁気特性を得ることができ、かつ想定していなかった優れた光磁気特性も得られた。デバイス機能検証に向け、強磁性・強誘電薄膜と小さい垂直磁気異方性を有する強磁性金属薄膜からなる2層積層膜を作製し、走査型プローブ顕微鏡を用いた局所電界書き込みにおいて強磁性金属薄膜の磁区構造が変化していることから、本研究の最終目標の一つであった磁気転写に成功し

たと言える(磁化の静的変化)。しかしながら、ゼロからの新規構築を行ってきた「電気磁気効果測定装置」について、想定以上の多くの改造が必要であったため、本装置での磁気転写における磁化の動的変化の明瞭な観測には至らなかった。改めて、新しい取り組みには時間がかかるので優先順位を考慮する必要があったことを痛感した。

研究の進め方：研究実施体制については、研究開始当初、完全に1人で全てを行っていたので、どうしても進捗が遅かった。研究開始1年後に実験補助員をようやく確保し(秋田には物理実験を補佐できるような人材(正社員等すでに仕事を持っている人以外)は居ないので採用まで時間を要した。)、研究開始2年半後(今年の4月)に3名の学生が配属し、研究開始3年経過してようやく私が居なくても実験が進むようになった。研究開始当初から、所属部局にもっと体制強化の働きかけを行うことが必要だったかもしれない。研究費執行状況については、消耗品の購入、実験補助員の人件費、旅費、装置の維持管理費、バランスよく適切に執行できた。ただ、前記の「電気磁気効果測定装置」については、想定以上の多くの改造が必要であったので、計上していた予算では間に合わず、他の研究資金を使用しなければならない状況であった。研究開始当初の予算申請において、ゼロから構築を行う「電気磁気効果測定装置」について、開発期間のみならず費用についても、見積りが甘かったと言わざるを得ない。

研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果：低炭素社会および IoT 社会に向け、革新的で超低消費電力稼働が可能な、データストレージデバイス、通信デバイス、センシングデバイス、の必要性が増してきている。磁性薄膜を用いている数多くの磁気デバイスに対して強磁性・強誘電薄膜を適用することにより、低消費電力化、高性能化、多機能化、をもたらす可能性が大いに有り得る。本研究では、強磁性・強誘電薄膜の磁気メモリ応用について検討してきたが、今後は、強磁性・強誘電薄膜を通信デバイスやセンシングデバイスにも適用させて、低炭素および IoT 化に貢献できるデバイスを創製したいと考えている。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. S. Yoshimura, M. Kupan Fabrication of highly qualified $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ multiferroic thin films by using a pulsed DC reactive sputtering method and demonstration of magnetization reversal by electric field Japanese Journal of Applied Physics, Selected Topics in Applied Physics 2018, 57, 0902B7-1-5
2. S. Yoshimura, Y. Sugawara, G. Egawa, H. Saito Basic Study of Electric Field Induced Magnetization Reversal of Multiferroic $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ Thin Films at Room Temperature for Magnetic Recording Technology Journal of the Magnetism Society of Japan, 2018, 42-2, 11-14
3. S. Yoshimura Fabrication of $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ multiferroic thin films with high coercivity and magnetization for electric-field writing magnetic recording Proceedings of International Conference of Materials for Resources (ICMR, Akita, Japan, 2017), 490-493

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 2 件

1.

発明者： 吉村哲、齊藤準、町田賢司、船橋信彦、加藤大典、金城秀和、青島賢一、
麻生慎太郎、久我淳、菊池宏

発明の名称： 強磁性強誘電型空間光変調器

出願人： 秋田大学、日本放送協会

出願日： 2016/3/31

出願番号： 特願 2016-69189

2.

発明者： 吉村哲、齊藤準、町田賢司、船橋信彦、加藤大典、金城秀和、麻生慎太郎、
青島賢一、久我淳、菊池宏

発明の名称： 磁気転写方式による強磁性強誘電型空間光変調器

出願人： 秋田大学、日本放送協会

出願日： 2016/3/31

出願番号： 特願 2016-69190

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

招待講演

1. 吉村哲、「BiFeO₃系強磁性・強誘電薄膜の局所電界印加による磁化方向制御と電界書き込み型磁気記録デバイスへの応用」、日本磁気学会第 59 回スピノエレクトロニクス専門研究会、産業技術総合研究所、2016 年 7 月 8 日
2. S. Yoshimura Voltage Control of Magnetization Direction of Multiferroic Thin Films for Application to Novel Magnetic Recording Devices with Electric-Field International Conference on Materials Processing and Applications (ICMPA), Tamil Nadu, India, December 16, 2016
3. S. Yoshimura High Functional Multiferroic Thin Films for Application to Novel Magnetic Recording Devices with Electric-Field Writing Method 2nd International Conference on Advances in Materials Science and Technology, Tamil Nadu, India, October 10, 2017
4. S. Yoshimura, M. Kuppan High Functional Multiferroic Thin Films for Application to Novel Magnetic Devices with System of Magnetization Reversal by Electric Field Solar Quest Seminar 2018, Tokyo, Japan, May 25, 2018
5. S. Yoshimura, M. Kuppan High Functional Multiferroic Thin Films for Novel Magnetic Devices with System of Magnetization Reversal by Electric Field International Workshop on Materials Technology and Applications 2018, Tamil Nadu, India, October 11, 2018

受賞

吉村哲、「革新的な電界駆動型磁気デバイスの創製に向けた高機能強磁性・強誘電薄膜材料の探索・合成」、第 32 回(2016 年度)マツダ研究助成奨励賞、(公財)マツダ財団、2016 年 10 月 19 日

解説記事

吉村哲、「強磁性強誘電薄膜における磁化方向の電圧制御と電界記録型磁気記録デバイスへの応用」、化学工業, 2016, Vol.67, No.11, 68-73