

令和 4 年 8 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21959

研究課題名（和文）強磁性ナノグラニューラ膜を用いた非相反ナノフォトニックデバイスの創出

研究課題名（英文）Development of non-reciprocal nanophotonic devices using ferromagnetic nanogranular films

研究代表者

岩本 敏（Iwamoto, Satoshi）

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：40359667

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：セラミックと微細な自生グラニューラからなるナノグラニューラ膜（NG膜）は、光通信波長帯において大きな磁気光学効果を示すことが知られている。本研究では、NG膜のナノフォトニクス応用に必要となる、透明性の高いNG膜、高屈折率NG膜の開発に成功した。また、フッ化物を母材とした高透明度NG膜を用いたフォトニック結晶導波路の特性を理論的に検討し、現状の材料特性で得られる性能を明らかにした。さらに、誘電率がゼロに近い値を持つ磁気光学材料を用いることにより、通信波長帯において広い波長範囲で動作し、構造揺らぎに強い一方向導波路デバイスが実現できる可能性があることを理論的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、NG膜の磁気光学材料としての応用範囲を広げるとともに、一方向性光導波路やそれを利用した小型アイソレータ、構造揺らぎがあっても安定に動作するレータなどへの応用が期待される。さらに、これらのデバイスは、超高密度・高機能な光回路、それを活用した光配線技術や光量子技術の高性能化の実現にも貢献し得るものである。

研究成果の概要（英文）：It has been reported that nanogranular films (NG films) composed of magnetic nanoparticles distributed in a dielectric host material can exhibit a large magneto-optical effect in the optical communication wavelength band. In this research, we succeeded in developing a highly transparent NG film and a high refractive index NG film, which are necessary for nanophotonic applications of NG film.

We also numerically examined the performance of photonic crystal waveguides with a high-transparency NG film using fluoride as the matrix and clarified the attainable performance with the currently available material. In addition, we theoretically and numerically demonstrated that using a magneto-optical material with a dielectric constant close to zero enables the realization of one-way waveguides immune to disorders at a wide range of wavelengths around 1550 nm.

研究分野：ナノフォトニクス

キーワード：磁気光学効果 ナノグラニューラ膜 フォトニック結晶 導波路

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

光アイソレータに代表される磁気光学材料を用いた非相反光デバイスは、光システムの不安定化を招く戻り光の抑制やスイッチング機能などの実現を可能にする重要な光学素子であり、集積フォトニクスやナノフォトニクスへの応用が期待されている。しかし、材料的制限によりその小型化と光回路への集積化は十分には進んでいない。従来材料に比べて大きな磁気光学効果を示す材料を利用することができれば、これまでにない小型・高機能な光非相反素子の実現が可能となり、集積フォトニクス技術に革新をもたらすことが期待される。

2018年に我が国で新たに開発された磁気光学薄膜材料である強磁性ナノグラニューラ膜(Nanogranular film, NG膜)[1]は透明な誘電体からなる母材(マトリックス)に磁性グラニューラが分散された系(図1)であり、スパッタ成膜にもかかわらず透明性が高く、磁気光学材料として広く利用されているイットリウム鉄ガーネット(YIG)系材料と比較して、通信波長帯で約40倍のファラデー回転角(磁気光学効果の一つ)を示す(表1)[1]。加えて、母材や基板を自由に選択できるため、様々な非相反ナノフォトニクス素子の実現が可能となると期待できる。しかし、開発されたばかりの磁気光学薄膜材料であり、その応用可能性は現段階では未知数である。

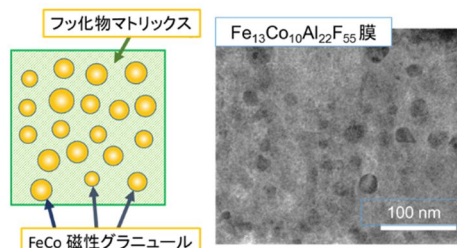


図1: NG膜の模式図とTEMイメージ[1]

材料	ファラデー回転角 (deg/μm) (磁気光学効果の 大きさの指標)
Fe ₁₃ Co ₁₀ Al ₂₂ F ₅₅	-1.3
Fe ₂₁ Co ₁₄ Y ₂₄ F ₄₁	-4.0
Bi-YIG(バルク)	-0.11

表1: NG膜とBi-YIGのMO効果の比較([1]を元に作成)

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では、フォトニクス技術の研究者である応募者とNG膜の開発者であり磁性薄膜材料の専門家である分担者が協力し、フォトニクス素子への応用を目指したNG膜の開発を進めるとともに、NG膜を用いた非相反ナノフォトニクスデバイスの可能性を明らかにすることを目指す。具体的には、ナノフォトニクス応用に適した高屈折率NG膜の作製とその基礎光学特性評価を行い、光導波路やトポロジカルフォトニック結晶に適用しデバイスレベルでの光非相反動作の実証に挑む。これらの研究をとおしてNG膜の非相反ナノフォトニクスへの応用可能性を明らかにすることを目指す。

3. 研究の方法

本研究では、材料開発と理論的研究により、NG膜を用いた非相反ナノフォトニクス素子の可能性を探究した。

材料開発については分担者が担当し、ナノフォトニクス応用に向けたNG膜の作製と基本光学特性評価を行った。特に、高透過率と大きな磁気光学効果を併せ持つNG膜、高い屈折率を示す磁気光学NG膜の実現を目指して、RFスパッタ装置を用いた材料開発を行うとともに、その透過率やファラデー回転角を評価した。理論的研究については代表者が担当し、NG膜の大きな磁気光学効果と加工性を活かしたナノフォトニクス構造の検討を行った。特に、NG膜と半導体からなるフォトニック結晶(Photonic Crystal, PhC)構造を考察し、構造の揺らぎなどがあっても光を一方向のみに伝搬させることができるトポロジカル光導波路の実現可能性を議論した。また、磁気光学材料の誘電率がトポロジカル光導波路の特性に与える影響を解析した。

4. 研究成果

(1) 透明性の高い磁気光学NG膜の実現 [2]

AIFやYFを母材材料に用いたNG膜は通信波長帯で大きな磁気光学効果を示す[1]一方で、ナノフォトニクス応用にはその透過率の改善が必要であった。本研究では、フッ化物の中でも通信波長帯(1550nm)を含む近赤外波長帯で高い透過性を示すBaF₂に注目し、同材料を母材として高透過率で大きな磁気光学効果を示すNG膜の実現に成功した。

試料は、FeCo合金ターゲットとBaF₂ターゲットを用いたRFスパッタリングにより作製した。図1は基板温度600°Cで成膜したFeCo-BaF₂膜の波長1550nmにおける単位厚みあたりのファラデー回転角の絶対値|θ_F| (deg./μm)をFe+Coの含有量に対して示したものである。磁性を担うFe+Coの含有量が増加するにつれてファラデー回転角は単調に増大し、Fe+Co含有量40at%では約2deg./μmであった。この値は、AlY母材NG膜の約2倍、YF母材NG膜の約半分である([1]、表1)。一方、試料の透過率はFe+Co含有量の増加に伴って単調に減少するものの、同じFe+Co含有量のAIF母材NG膜およびYF母材NG膜に比べて格段に高い値を示す。Fe+Co含有量40at%のBaF₂母材NG膜では、1μmあたりの透過率は20%程度である一方、YFやAIFを母材としたNG膜では透過率はほぼゼロであった。これらの結果は、母材にBaF₂を用いることで磁気光学

NG 膜の性能指数(ファラデー回転角と透過率の積、もしくはファラデー回転角と透過損失の比)を、他のフッ化物系母材を用いた場合に比べて大幅に向上させることができることを示すものである。

更に、成膜後に高温熱処理を行ったところ透過率が大きく向上することを見出した。図2は基板温度 500 で成膜した BaF₂ 母材 NG 膜と、それを 600 で熱処理した試料に対する透過スペクトルである。試料の Fe+Co 含有率は 29at% である。熱処理により可視から近赤外の波長域において透過率が大きく改善していることがわかる。例えば、波長 1550nm における 1 μm あたりの透過率は 32% から 72% へ向上している。この値は反射損失を考慮していない値であり、反射損失を考慮した透過率は 80% を超えると考えられる。さらに同波長におけるファラデー回転角も熱処理により、約 0.5 deg./μm から約 1deg./μm となり 2 倍近い増大が得られた。この結果は、熱処理により NG 膜の性能指数を更に向上させることができることを示すものである。

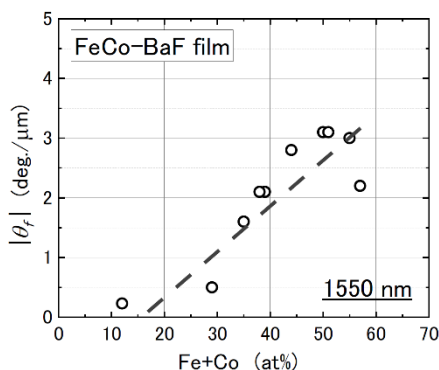


図 1: 基板温度 600 で成膜した FeCo-BaF₂ 膜の波長 1550 nm における単位厚みあたりのファラデー回転角の絶対値 $|\theta_F|$ (deg./μm) の Fe+Co 含有量依存性

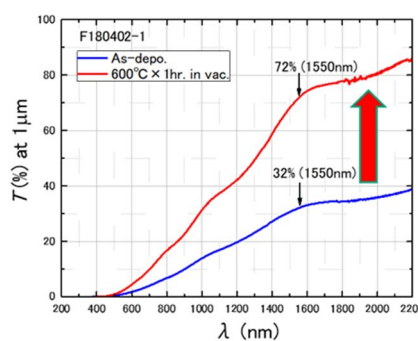


図 2: 基板温度 500 で成膜した FeCo-BaF₂ 膜 (Fe+Co 含有量 29%) の熱処理前後の透過スペクトル。熱処理は真空中で 600、1 時間行った

(2) 高屈折磁気光学 NG 膜の実現 [3]

屈折率の高い材料を用いた光学構造で低屈折材料に比べて強い光閉じ込めが実現できる。フッ化物系材料の通信波長帯での屈折率(n)は 1.3~1.5 程度であり、より屈折率の高い母材を用いることにより、高屈折率な磁気光学 NG 膜が実現できると考えられる。本研究では、高屈折率母材として、シリコンフォトンクス技術でも活用される窒化シリコン($n \sim 2.2$ @ 1.55 μm)を用いた NG 膜の成膜とその光学評価を行った。

図3は RF スパッタで成膜した FeCo-SiN NG 膜 (Fe+Co 含有量 19.9at%) の TEM 写真である。ナノメータサイズのグラニュールが SiN 薄膜内に分散されていることがわかり、SiN を母材として用いた場合にも大きな磁気光学効果が得られることが期待できる。Fe+Co 含有量の異なるいくつかの SiN 母材 NG 膜におけるファラデー回転角の波長依存性を図4に示す。波長 900nm 近傍を境にファラデー回転角の符号が変化している。これは NG 膜で見られる一般的特徴である。波長 1550nm に注目すると、ファラデー回転角(の絶対値)は Fe+Co 含有量の増大にともなって大きくなり、含有量 36at% において 8.7deg./μm という大きな値が得られた。

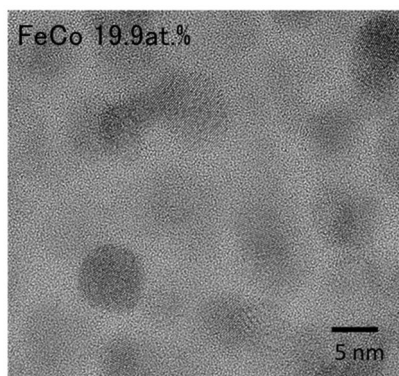


図 3: FeCo-SiN NG 膜 (Fe+Co 含有量 19.9at%) の TEM 写真

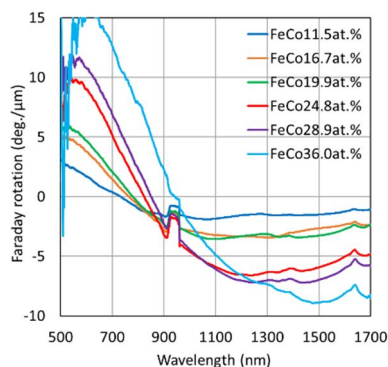


図 4: Fe+Co 含有量の異なる SiN 母材 NG 膜のファラデー回転角の波長依存性

図5は、図4に示した各試料の透過スペクトルである。BaF₂ 母材 NG 膜と同様、Fe-Co 含有量の増加とともに透過率は減少することがわかる。作製した試料のうち、最も含有量の少ない Fe+Co 含有量 11.5at% の試料では、波長 1500nm 近傍での透過率は約 30%、ファラデー回転角は約 1deg./μm であった。SiN 母材 NG 膜の誘電率対角成分は分光エリプソメトリで測定し屈折率を評価したところ、波長 1500nm 近傍で 3 程度の高い値を持つことがわかった。さらに誘電率対

角成分、ファラデー回転角、ファラデー楕円率の測定結果から、磁気光学効果の大きさを表す誘電率の非対角成分も評価した。図6は誘電率非対角成分（虚部）である。Fe-Co含有量の増加に伴って、波長1500nm近傍でFo+Co含有量の増大にともなって、非対角成分が大きくなっており、大きなファラデー効果が大きな非対角成分に起因することがわかる。

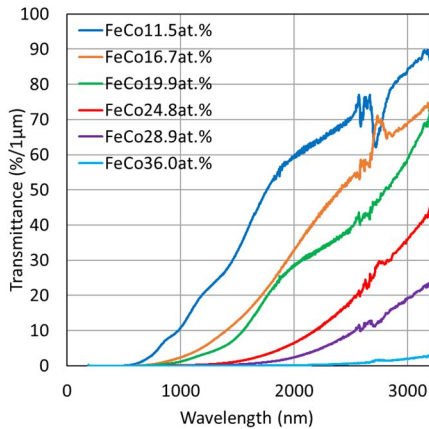


図5: Fe+Co含有量の異なるSiN母材NG膜の透過スペクトル

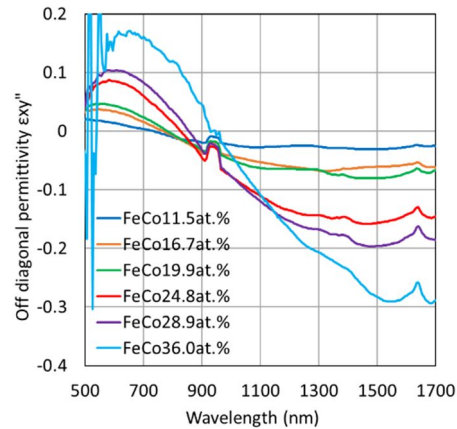


図6: Fe+Co含有量の異なるSiN母材NG膜の誘電率の非対角成分（虚部）の波長依存性

(3) 磁気光学NG膜を用いたトポロジカルフォトニック結晶導波路の検討

近年物性物理学で進展してきたバンドトポロジーの概念をフォトニクスに展開し、光の新たな制御技術と応用の開拓を目指すトポロジカルフォトニクス[4]という分野が注目を集めている。磁気光学材料を用いたPhCを適切に設計することにより、その界面には構造揺らぎや欠陥があっても一方のみに光を伝搬させるカイラルエッジ状態と呼ばれる状態が形成できることが理論的に示された[5]。それ以降、この状態を利用した一方向性導波路の実現が期待されている。これまでにYIGを用いた実験的報告はあるが、導波路として利用できる帯域は40pmと極めて小さいものであった[6]。

通信波長帯で大きな磁気光学効果を示すNG膜を用いることでその特性を改善できると期待される。そこで、シリコン中に形成された正三角形孔にBaF₂母材NG膜を埋め込んだ三角格子PhC構造(図7)(*a*: PhC構造の周期、*L*: 正三角形孔の一辺の長さ)について、カイラルエッジ状態が実現できるバンドギャップ幅とエッジ状態の伝搬損失を有限要素法を用いた数値計算により求めた。計算では、BaF₂母材NG膜のパラメータとして(1)の実験から得られた典型的値を参考に誘電率の対角成分2.6+0.1*i*、非対角成分0.1を用いた。図8は*a*に対して*L*を変化させた時のギャップ幅と伝搬損失の結果である。NG膜の大きな磁気光学効果を反映して、10nm近い広いギャップ幅が得られた。一方、誘電率対角成分が虚数成分を持つため有限の伝搬損失が生じるが、その値は10nm程度のギャップ幅が得られる構造に対して~0.4dB/*a*であり、半導体のみで実現できるトポロジカルフォトニック結晶で実現されるヘリカルエッジ状態の損失[7]と同程度であることがわかった。

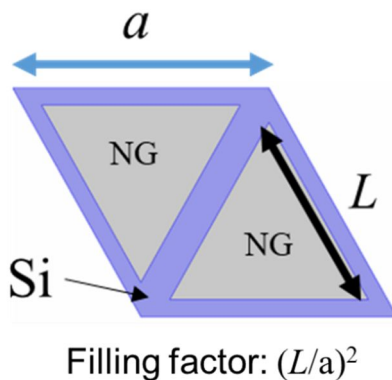


図7: シリコンとBaF₂母材NG膜からなるフォトニック結晶構造の模式図

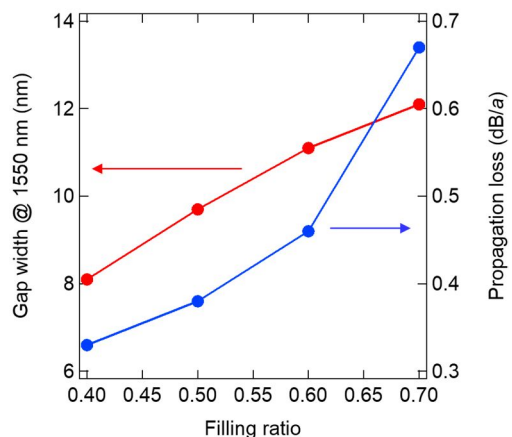


図8: シリコン-BaF₂母材NG膜からなるフォトニック結晶で実現可能なギャップ幅(赤)とカイラルエッジ状態の伝搬損失(青)の計算結果

(3) 誘電率制御によるトポロジカルフォトニック結晶導波路の広帯域化[8]

更に図7においてNG膜部分(磁気光学材料部分)の誘電率対角成分が、カイラルエッジ状態の動作帯域や欠陥に対する堅牢性などに与える影響を考察した。その結果、誘電率の対角成分がゼロに近い値を持つENZ(Epsilon-Near-Zero)特性を示す磁気光学材料を用いることで、従来の報

告[6]に比べて1000倍以上の帯域で動作する一方向性導波路の実現可能性を明らかにした。図9は、カイラルエッジ状態を用いた導波路の動作波長帯域を磁気光学材料の誘電率の関数として計算した結果である。磁気光学材料の誘電率が低下するにしたがって、帯域が大きく拡大する様子がわかる。特に、ENZ領域である誘電率0.01を持つ磁気光学材料の場合には、その波長幅は光通信波長1550 nmにおいて約70 nmであった。

大きなトポロジカルバンドギャップ中に現れるカイラルエッジ状態は、欠陥などに対してよりロバストな光伝搬特性を示すことが期待される。ギャップ幅の違いが光伝搬特性に与える影響を考察するため、界面上に完全電気導体でできた欠陥が存在する場合について解析した。図10は、磁気光学材料の誘電率が異なる2つの構造について、エッジ状態の伝搬の様子を示したものである。ここでは面に垂直な磁場成分の強度を示している。 $\epsilon_{MO}=2$ の場合には、欠陥での顕著な後方散乱が見られないものの、欠陥部分を通過した後の強度分布が大きく乱れている様子が見られる。一方、大きな帯域を示す $\epsilon_{MO}=0.01$ の場合には、欠陥部分を通過した後も大きな乱れなく伝搬していることがわかる。

以上の結果は、ENZ特性を持つ磁気光学材料の活用により、広帯域で動作可能で、揺らぎや欠陥に強く一方向に光を導く導波路の実現が可能であることを示すものである。

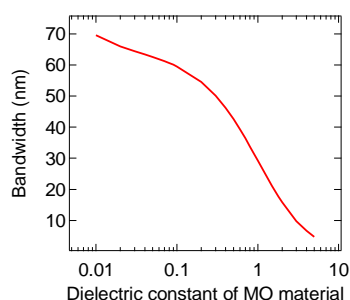


図9: 磁気光学材料の誘電率とカイラルエッジ状態を用いた光導波路の動作波長幅の関係

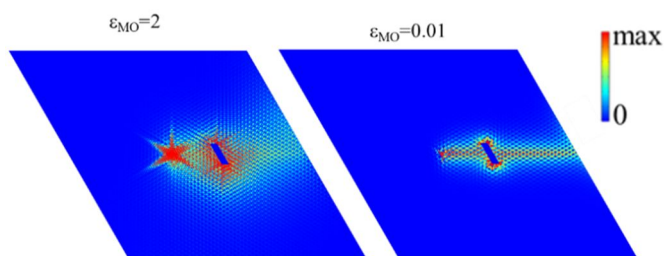


図10: 磁気光学材料の誘電率が異なる2つの構造について、導波路上に欠陥が存在する場合の光伝搬の数値解析結果

<参考文献>

- [1] N. Kobayashi, K. Ikeda, B. Gu, S. Takahashi, H. Masumoto, and S. Maekawa, *Sci. Rep.* **8**, 4978 (2018)
- [2] 小林伸聖、池田賢司、荒井賢一、*電気学会論文誌 A* **141**, 123 (2021).
- [3] K. Ikeda, N. Kobayashi, and K. Arai, *Opt. Mater. Express* **12**, 403 (2022).
- [4] 例えば、T. Ozawa, H. M. Price, A. Amo, N. Goldman, M. Hafezi, L. Lu, M. C. Rechtsman, D. Schuster, J. Simon, O. Zilberberg, and I. Carusotto, *Rev. Mod. Phys.* **91**, 015006 (2019).
- [5] F. D. M. Haldane and S. Raghu, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 013905 (2008).
- [6] B. Bahari, A. Ndao, F. Vallini, A. El Amili, Y. Fainman, and B. Kanté, *Science* **358**, 636 (2017).
- [7] H. Kagami, T. Amemiya, S. Okada, N. Nishiyama, and X. Hu, *Opt. Express* **28**, 33619 (2020).
- [8] T. Liu, N. Kobayashi, K. Ikeda, Y. Ota, and S. Iwamoto, *ACS Photonics* **9**, 1621 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Cao Yang, Kobayashi Nobukiyo, Masumoto Hiroshi	4. 巻 120
2. 論文標題 Tunnel magnetodielectric effect: Theory and experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 082901 ~ 082901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0077879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kijima-Aoki Hanae, Ohnuma Shigehiro, Kobayashi Nobukiyo, Masumoto Hiroshi	4. 巻 547
2. 論文標題 DC and AC tunneling magnetoelectric responses of cobalt lateral nanogranular films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 168890 ~ 168890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2021.168890	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Wang Cheng, Cao Yang, Kobayashi Nobukiyo, Ohnuma Shigehiro, Masumoto Hiroshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Structure and tunneling magneto-dielectric properties of Co-SrF ₂ nano-granular thin films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 085224 ~ 085224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0058707	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Cao Yang, Nogawa Kenta, Kobayashi Nobukiyo, Masumoto Hiroshi	4. 巻 14
2. 論文標題 Fabrication of transition metal (TM = Fe, Co) difluorides-carbon nanocomposite films by magnetron co-sputtered deposition of Fe/Co and Teflon targets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 075502 ~ 075502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac07f0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Kenji, Kobayashi Nobukiyo, Arai Ken-Ichi	4. 巻 12
2. 論文標題 Large Faraday effect in nanogranular films with a high refractive index matrix	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 403 ~ 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.447532	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Liu Tianji, Kobayashi Nobukiyo, Ikeda Kenji, Ota Yasutomo, Iwamoto Satoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Topological Band Gaps Enlarged in Epsilon-Near-Zero Magneto-Optical Photonic Crystals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 1621 ~ 1626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.1c01942	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林 伸聖, 池田 賢司, 荒井 賢一	4. 巻 141
2. 論文標題 FeCo-BaF およびFeCo-SiN 系ナノグラニューラ膜の巨大ファラデー効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門誌)	6. 最初と最後の頁 123 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.141.123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩本 敏	4. 巻 49
2. 論文標題 トポロジーと光学 -過去・現在・未来-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 438-447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林伸聖	4. 巻 224-3
2. 論文標題 金属-セラミックスナノグラニューラー薄膜の磁気-誘電効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本磁気学会第224回研究会資料	6. 最初と最後の頁 13-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 池田賢司, 小林伸聖, 荒井賢一	4. 巻 MAG-19-090
2. 論文標題 窒化物をマトリックスとしたナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会マグネティックス研究会資料	6. 最初と最後の頁 63-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 青木 英恵、本田 祥基、大沼 正人、小林 伸聖、大沼 繁弘、増本 博
2. 発表標題 小角散乱法を用いたナノグラニューラー膜の構造とトンネル伝導の関係
3. 学会等名 日本金属学会 2022年 春期 第170回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Aoki Kijima, Y. Endo, T. Miyazaki, T. Nojima, K. Ikeda, N. Kobayashi, S. Ohnuma and H. Masumoto
2. 発表標題 Shape effect of cobalt nano-particles on magnetic properties of Co-SiO ₂ nano-granular films.
3. 学会等名 MMM-InterMag2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 C. Wang, Y. Endo, Y. Cao, H. Aoki Kijima, N. Kobayashi, S. Ohnuma and H. Masumoto
2. 発表標題 Relationship between morphology and soft-magnetic properties of Co-Sr-F nano-granular films
3. 学会等名 MMM-InterMag2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoharu Uchiyama, Yang Cao, Hanae Aoki, Kenji Ikeda, Nobukiyo Kobayashi, Shigehiro Ohnuma, Hiroshi Masumoto
2. 発表標題 Effect of Annealing on the Structure and Magneto-electric Properties of Co-Si-nitride Nanogranular Films
3. 学会等名 第60回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yang Cao, Nobukiyo Kobayashi, Shigehiro Ohnuma, Hiroshi Masumoto
2. 発表標題 Tunneling magneto-dielectric response in nanogranular films: Theoretical and experimental studies
3. 学会等名 MRM2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Moe Kimura, Yang Cao, Hanae Aoki, Shigehiro Ohnuma, Nobukiyo Kobayashi, Hiroshi Masumoto
2. 発表標題 Tunneling Magneto-Resistance Effect of Co-Oxide Nano-Composite Films
3. 学会等名 MRM2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hanae Aoki, Katsuhiro Uchikoshi, Takamichi Miyazaki, Masato Ohnuma, Yoshiki Honda, Nobukiyo Kobayashi, Shigehiro Ohnuma, Hiroshi Masumoto
2. 発表標題 Structure of cobalt-(barium-fluoride) lateral nano-granular films under slow-motion tandem method
3. 学会等名 MRM2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nozomi Yokohama, Hanae Aoki, Shigehiro Ohnuma, Nobukiyo Kobayashi, Hiroshi Masumoto
2. 発表標題 Effect of heat treatment on structure and properties of Co-BaMgF4 nanocomposite film
3. 学会等名 東北大-台北技科大オンラインジョイントシンポジウム2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 打越雄央, 青木英恵, 本田祥基, 大沼正人, 小林伸聖, 大沼繁弘, 増本 博
2. 発表標題 扁平球状ナノ粒子が配列したCo-BaF2ナノコンポジット膜の磁気・静電特性
3. 学会等名 令和3年度 日本セラミック協会 東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木英恵, 曹 洋, 野島 勉, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博
2. 発表標題 Co-SiO2ナノグラニューラ膜の低温磁気特性におよぼす粒子形状の効果
3. 学会等名 日本金属学会秋期第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木英恵, 打越雄央, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博
2. 発表標題 ナノ粒子を扁平化したナノグラニュー膜の粒子形状が及ぼす強磁性・超常磁性への影響
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林伸聖, 岩佐忠義, 池田賢司, 荒井賢一
2. 発表標題 (Fe-Pt, Co-Pt)- フッ化物系ナノグラニュー膜のファラデー効果
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会, 02pD-1, オンライン (2021.9)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田 賢司, リュウテンサイ, 太田 泰友, 岩本 敏, 小林 伸聖
2. 発表標題 イプシロンニアゼロ材料をマトリックスとしたナノグラニュー膜の磁気光学効果
3. 学会等名 第45回日本磁気学会学術講演会, 02pB-12, オンライン (2021.9)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田 賢司, リュウテンサイ, 太田 泰友, 岩本 敏, 小林 伸聖
2. 発表標題 イプシロンニアゼロ特性を有するITO薄膜の磁気光学効果
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会, 13p-N321-15, オンライン(2021.9)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Liu, Y. Ota and S. Iwamoto
2. 発表標題 One-side excited one-way modes in nonreciprocal waveguides
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会,10p-N404-5, オンライン(2021.9)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Liu, Y. Ota and S. Iwamoto
2. 発表標題 One-side excited one-way surface modes in epsilon-near-zero magneto-optical waveguides
3. 学会等名 EP2DS-24/MSS-20, M-PS-3-04, Toyama, Japan, Nov. 2021 (online format) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 曹 洋, 野川健太, 小林伸聖, 大沼繁弘, 増本 博
2. 発表標題 Structure and dielectric properties of (CoF/FeF)-C nanocomposites
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木英恵, 曹 洋, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博
2. 発表標題 トンネル効果に与えるCo-BaF ₂ ナノグラニューラー層状膜のCo粒子の形状と周期性の影響
3. 学会等名 日本金属学会秋期第167回講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村 萌, 曹 洋, 青木英恵, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博
2. 発表標題 Co-MgO系ナノコンポジット薄膜の電気および磁気特性
3. 学会等名 日本金属学会秋期第167回講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林伸聖, 池田賢司, 荒井賢一
2. 発表標題 透明-強磁性ナノグラニューラー膜の巨大ファラデー効果
3. 学会等名 Microwave Workshop & Exhibition、MWE2020、マイクロウェーブワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林伸聖
2. 発表標題 ナノグラニューラー透明磁性薄膜の巨大ファラデー効果
3. 学会等名 電気学会マグネティックス研究会と磁気学会光機能磁性デバイス・材料専門研究会の合同研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林伸聖, 池田賢司, 岩佐忠義, 荒井賢一
2. 発表標題 ナノグラニューラー(FeCo)-(BaF,SiN)膜の巨大ファラデー効果
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池田賢司, 小林伸聖, 荒井賢一
2. 発表標題 SiNをマトリックスとしたナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tianji Liu, Nobukiyo Kobayashi, Kenji Ikeda, Yasutomo Ota, Satoshi Iwamoto
2. 発表標題 Investigation of enlarged topological band gaps in magneto-optical epsilon-near-zero photonic crystals
3. 学会等名 2021年第28回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木英恵, 曹 洋, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博
2. 発表標題 粒子の形状制御によるナノグラニューラー膜の磁気異方性制御
3. 学会等名 日本金属学会春期第168回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 打越雄央, 青木英恵, 小林伸聖, 大沼繁弘, 増本 博
2. 発表標題 磁性ナノ粒子を扁平化したCo-BaF ₂ ナノグラニューラー膜の電気・磁気特性
3. 学会等名 日本金属学会春期第168回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 萌, 曹 洋, 青木英恵, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博
2. 発表標題 Co-MgO系ナノコンポジット薄膜の構造と磁気特性に及ぼすスパッタ照射面積の影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Siyuan Gao, Yasutomo Ota, Feng Tian, Yasuhiko Arakawa and Satoshi Iwamoto
2. 発表標題 Fabrication of a Sub-micron-thick Monocrystalline Magneto-optical Garnet Thin Film on Insulator Substrate
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩本敏
2. 発表標題 トポロジカルフォトンクス：トポロジエを活用した光導波路の可能性
3. 学会等名 第20回フォトンクス・イノベーションセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩本敏
2. 発表標題 トポロジカルフォトンクス
3. 学会等名 第1回PICSミニワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Siyuan Gao, Yasutomo Ota, Feng Tian, Yasuhiko Arakawa, and Satoshi Iwamoto
2. 発表標題 Toward magneto-nanophotonics based on thin-film yttrium iron garnet: wafer bonding and grinding for substrate preparation
3. 学会等名 第4回JSAPフォトニクスワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Gao, Y. Ota, F. Tian, Y. Arakawa, and S. Iwamoto
2. 発表標題 Fabrication of Monocrystalline Magneto-optical Garnet Thin Film on Insulator Substrates as a Basis for Exploring Magneto-nanophotonics
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田賢司、小林伸聖、荒井賢一
2. 発表標題 窒化物をマトリックスとしたナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果
3. 学会等名 電気学会マグネティックス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林伸聖、池田賢司、岩佐忠義、荒井賢一
2. 発表標題 FeCo-BaFナノグラニューラー膜の構造と巨大ファラデー効果
3. 学会等名 第43回磁気学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田賢司、小林伸聖、荒井賢一
2. 発表標題 SiNマトリックスナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果
3. 学会等名 第43回磁気学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kimura , Y. Cao , H. Aoki , N Kobayashi , S. Ohnuma , H. Masumoto
2. 発表標題 Improvement of tunneling magnetodielectric effect for Co-Al ₂ O ₃ nano-composite films by optimization of preparation conditions
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Cao , N. Kobayashi , S. Ohnuma , H. Masumoto
2. 発表標題 Structure and Magneto-dielectric Properties in Co-F-C Nanocomposites
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村萌 , 曹洋 , 青木英恵 , 小林伸聖 , 大沼繁弘 , 増本博
2. 発表標題 差動圧カスパッタ法により作製したCo-SrTiO ₃ 系ナノ複相薄膜におけるトンネル磁気-誘電効果の発現
3. 学会等名 日本セラミックス協会東北北海道支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曹洋, 小林伸聖, 大沼繁弘, 増本博
2. 発表標題 Reactive magnetron co-sputtering deposition of CoF ₂ -C granular films
3. 学会等名 日本金属学会2020年春季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村萌, 曹洋, 青木英恵, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本博
2. 発表標題 Co-酸化物系ナノコンポジット薄膜の構造とトンネル磁気-誘電効果
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020 年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林伸聖
2. 発表標題 金属-セラミックスナノグラニューラー膜の磁気・誘電・光機能性
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会・シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 パリティ編集委員会、大槻 義彦	4. 発行年 2022年
2. 出版社 丸善出版52-57/	5. 総ページ数 52-57/204
3. 書名 物理科学, この1年 2022	

〔出願〕 計7件

産業財産権の名称 磁気光学材料およびその製造方法	発明者 池田 賢司、小林 伸聖、岩本 敏、太田 康友	権利者 公益財団法人電磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-003325	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ナノグラニューラー構造材料およびその作製方法	発明者 小林 伸聖、岩佐 忠 義、池田 賢司、荒井 賢一	権利者 公益財団法人電 磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-035401	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 特許	発明者 小林 伸聖、岩佐 忠 義、池田 賢司、荒井 賢一	権利者 公益財団法人電 磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-134657	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 特許	発明者 岩本敏、太田泰友、 池田賢司、小林伸聖	権利者 公益財団法人電 磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/000798	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 特許	発明者 岩本敏、太田泰友、 池田賢司、小林伸聖	権利者 公益財団法人電 磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、111101479	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 特許	発明者 小林伸聖、岩佐忠 義、池田賢司、荒井 賢一	権利者 公益財団法人電 磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/008503	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 特許	発明者 小林伸聖、岩佐忠 義、池田賢司、荒井 賢一	権利者 公益財団法人電 磁材料研究所
産業財産権の種類、番号 特許、111107891	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	小林 伸聖 (Kobayashi Nobukiyo) (70205475)	公益財団法人電磁材料研究所・その他部局等・研究員(移行) (71301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------