

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06349

研究課題名(和文)光プラズモニック人工磁気格子の機能と応用

研究課題名(英文)Functions and applications for optical plasmonic magnetic artificial lattices

研究代表者

内田 裕久(Uchida, Hironaga)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30271000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：Au粒子と磁性ガーネット複合構造体で、プラズモン共鳴波長でファラデー回転が増大する現象を実験とFDTDシミュレーションにより研究した。電界から回転角と楕円率角の分布を計算するプログラムを作成し、粒子の近くで光吸収により大きな回転角が生じていることがわかった。離れるにつれて回転角の分布差は平均化されていった。

新しい磁気光学材料の候補となる磁気光学グラニューラ薄膜についての研究を行った。材料の組み合わせの選定を行なった。FeCoナノ粒子とSiN媒体を組合わせた材料では、赤外光域でファラデー効果が増大することを確認した。ナノ構造を光学的に調べるため磁気光学近接場光学顕微鏡の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Auナノ粒子と磁性ガーネットから成るナノ構造体によって、実験で初めてファラデー回転角が大きく増大することは、2009年に我々が最初に示した実験結果であり、それ以降、海外で注目され、研究結果の報告が増えた。本研究では、実際に周期構造体を作製し、その構造を元にしてシミュレーションを行い、回転角増大についてナノ領域で解析し考察することができた。学術的に高い研究であると言える。また本研究では、基礎的な光学応答に関する研究を行うと共に、新しい構造についての研究をシミュレーションと実験によって求めた。将来的にこの新材料が利用される可能性もあり学術的および産業的にも重要である。

研究成果の概要(英文)：The phenomenon that Faraday rotation increases at the plasmon resonance wavelength in composite structure with Au particles and magnetic garnet was investigated by experiment and FDTD simulation. We fabricated a program to calculate distribution of rotation and ellipticity angles from the electric field obtained by the FDTD simulation and found that large rotation angle is caused by light absorption near Au particle. The rotation angles were averaged as light moved away.

We studied on magneto-optical granular thin film, which is a candidate for new magneto-optical materials. The combination of magnetic metal and dielectric material was examined. It was confirmed that the Faraday effect increased in the infrared light range for the granular film combined FeCo particles and SiN medium. We have developed the magneto-optical near-field optical microscope that optically investigates nanostructures of samples.

研究分野：磁気工学

キーワード：磁気光学効果 プラズモン共鳴 Au粒子 磁性ガーネット FDTD計算 ファラデー回転角 グラニューラ薄膜 近接場光学顕微鏡

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

磁気光学効果を増強させる人工格子の研究は、協力研究者の井上光輝教授によって開発された磁性フォトニック結晶から始まった [M. Inoue, H. Uchida et al., J. Mater. Chem. 16, 678 (2006)]. また本研究の研究代表者の内田は, Au 粒子と磁性ガーネット (Bi:YIG) を複合化させた磁気光学人工構造体がプラズモン共鳴によってファラデー効果の増大させることを世界に先駆けて報告してきた [大久保年永, 内田裕久 他, 電気学会マグネティクス研究会資料 MAG-06-167, 1-4 (2006); H. Uchida et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 44, 064014 (2011)]. これはプラズモン共鳴が発生している波長でファラデー回転角が増大する。

プラズモン共鳴による磁気光学効果増大の研究は, 1986 年にバルクのプラズマ周波数付近でカー回転角が変化する現象の発見から始まった [T. Katayama et al., J. Phys. Soc. Jpn. 55, 2539 (1986)]. 最近では, Au とガーネットのグラニューラ膜でカー回転が変化するが見出されているが, その回転角の変化はわずかであった [S. Tomita et al., Phys. Rev. Lett. 96, 167402 (2006)]. 我々の研究報告では, 20 倍ほどの増大ができており, この発表以降, 磁気光学効果の増大について多くの論文がでてくるようになった。

### 2. 研究の目的

この磁気光学人工格子には様々なタイプの構造体が含まれるが, 第一の目的とするのは, Au 粒子と磁性ガーネットの磁気光学プラズモニック複合構造体であり, プラズモン共鳴波長で磁気光学効果が増大する. Au 粒子の大きさと周期によって, ファラデー回転の大きさと波長が変わる. この複合ナノ構造体における磁気光学効果増大のメカニズムを深く理解し, 最適な構造および新しい構造を探索するのが目的である。

第二の目的は, 新しい磁気光学材料として注目されている磁性金属粒子と誘電体媒体から成る磁気光学グラニューラ薄膜の特性評価を行うことである. 一般に透過型の材料として磁性ガーネットが用いられているが, 可視光域では磁気光学効果が大きい赤外光域では回転角が小さくなってしまふ. グラニューラ材料は, 磁性ガーネットとは異なり, 赤外光域で回転角が大きくなる. この材料について研究を進めることで, 磁気光学複合ナノ構造体の材料として用いることができるか, そして磁気光学センサなどへの応用など, 磁気光学効果の新規応用分野を開拓する。

第三に, このようなナノ構造体の光学および磁気光学特性をナノスケールで調べるため, 磁気光学近接場光学顕微鏡 (MO-SNOM) を開発する。

### 3. 研究の方法

磁気光学プラズモニック複合構造体を作製するために, 電子描画装置を用いて, 周期的に配列した Au パターンを作製し, それを 1000°C, 5 分の加熱をすることで球状にして, それから磁性ガーネット Bi:YIG 成膜して作製する. 実験で測定を測定するとともに, FDTD 法によるシミュレーションを用いる. FDTD 法で求めた電界の分布を用いて, ファラデー回転角と楕円率角の分布を計算するプログラムを MATLAB で開発し, 現象の解析を行う。

磁気光学グラニューラ薄膜は, 磁性体金属として FeCo, Co, NiFe などを用い, 誘電体媒体としては Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> と SiO<sub>2</sub> 用いて, これらの組合せた薄膜を RF マグネトロンスパッタ法により作製する。

MO-SNOM の開発では, 我々がこれまでに開発をした偏光測定機構をもたない開口プローブを使用する SNOM をベースにして, 分解能の向上, 偏光測定機能の追加, クローズドループ制御ステージへの交換, 制御性向上のため周波数検出ユニットを開発する。

### 4. 研究成果

#### 4.1 磁気光学プラズモニック構造体の開発と光学および磁気光学効果

図 1 は, 正方形に配列した Au 粒子の周期が 200, 300, 400 nm のときの透過率とファラデー回転スペクトルの実験結果である. 周期が大きくなるにつれて, 表面プラズモン共鳴が起こる波長は長波長側に移動し, その波長でファラデー回転角が増大しているのがわかる. 周期 200 nm の試料に注目すると, 波長 694 nm でプラズモン共鳴による大きな光吸収が起こり, それ以外にも小さな光吸収がみられる. Bi:YIG 単層膜 (実線) のスペクトルと比較してもその違いは明らかである. 図 2 に作製したナノ構造体の断面の SEM 像を示す. Au 粒子は, 1000°C, 5 分加熱しているが, 縦方向が短い扁平した形をしているので, 回転楕円形であると仮定する. Au 粒子のサイズと Bi:YIG 薄膜の隆起高さの平均値を求めたところ, 短軸 (Z 軸方向) 84 nm, 長軸 (X・Y 軸方向) 110 nm, 薄膜の隆起高さは高さ 84 nm, その直径は 184 nm であった。

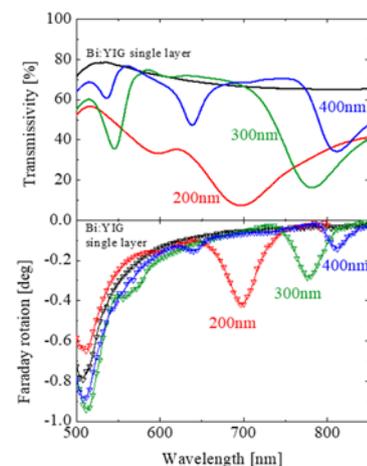


図 1 実験で得られた正方配列 Au/Bi:YIG 複合構造体の透過率とファラデー回転スペクトル. Au 粒子の周期が 200, 300, 400nm である。

この測定結果をシミュレーションのモデルに反映させたものが図 3 である。薄膜上には粒子と同程度の厚さの放物線コーンが堆積しているものとした。入射光は  $z$  方向で正から負の方向（モデルでは上から下）に進行する平面波とし、 $x$  と  $y$  方向は周期的境界条件、 $z$  方向には完全吸収境界条件 (PML) を用いた。構造体から十分に離れた位置、つまり図 3 に示すモデル Au 粒子の底面から  $z$  方向に  $-600$  nm の位置で得られた面のモデルのメッシュ各点で、以下の式によりファラデー回転角

$$\theta_F = \frac{180}{\pi} \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{2 \operatorname{Re}(\chi)}{1 - |\chi|^2} \right) \quad (1)$$

$$\chi = \frac{E_y}{E_x} \quad (2)$$

を計算し、それらの平均値を求めて、実験で測定できるファラデー回転角と比較した。

図 4 は、薄膜の厚さ  $T$  を  $70$  nm,  $90$  nm,  $110$  nm と変化させたときの透過率、ファラデー回転角、ファラデー楕円率角、性能指数の FDTD 法で求めたスペクトルを示す。点線は実験で求めたスペクトルである。結果として、膜厚が  $95$  nm の際のシミュレーション結果が最も実験結果に近い結果となった。ここでは載せていないが、Au のサイズやア

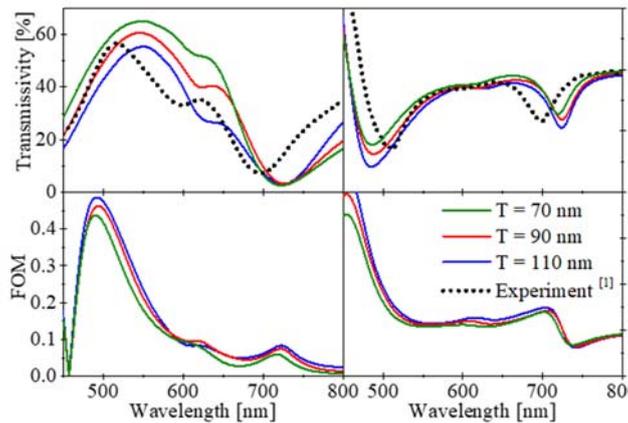


図 4 膜厚  $T$  を変化させたときの FDTD 法によって求めた光学・磁気光学スペクトル。Au 粒子の周期：200nm。

スペクトル比を変えた計算などを行った。

メッシュ各点での電界を 3 次元で取得すると、式(1)と(2)から任意の面のファラデー回転角の分布を求めることができることになる。図 3 のモデルで、表面プラズモン共鳴によりファラデー回転角が最も大きくなった波長  $725$  nm のときのモデル断面 ( $XZ$  平面,  $Y=0$ ) でのファラデー回転角の分布を図 5 に示す。この結果から、ファラデー回転角は複合構造体の中で大きくなるのではなく、構造体を透過した後の石英基板中で、Au 粒子近傍で大きく変化していることがわかる。透過後  $Z=-50$  nm 付近で、回転角は正から負に急激に変化し、距離が少し離れた  $z=-120$  nm の位置で、ファラデー回転角は、平均がおよそ  $-0.42^\circ$  になり、 $z=-600$  nm の位置で取得したファラデー回転角と同程度の大きさになった。これは Au 粒子の近くでプラズモン共鳴による光吸収があるために回転角が増大するが、離れるにしたがって平均化されていると考えられる。また、粒子の近くで特異的に角度が大きくなる場所もあることがわかった。

#### 4.2 磁気光学グラニューラー薄膜の開発

磁気光学グラニューラー材料は、金属磁性体のナノ粒子が誘電体媒体中に分散したものである。従来、磁気抵抗効果を持つ材料として知られていたが、最近、磁気光学効果を持つことが明らかになった [N. Kobayashi, et al, Scientific Reports 8, 4978 (2018)]. この材料は赤外光域で磁気光学効果のファラデー回転が大きくなり、一般に用いられている磁性ガーネットとはファラデー

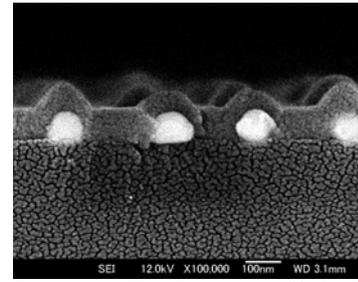


図 2 Au 粒子と Bi:YIG 複合膜断面の SEM 像

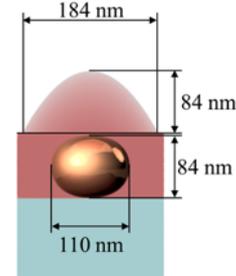


図 3 粒子サイズと磁性ガーネット隆起部の形状

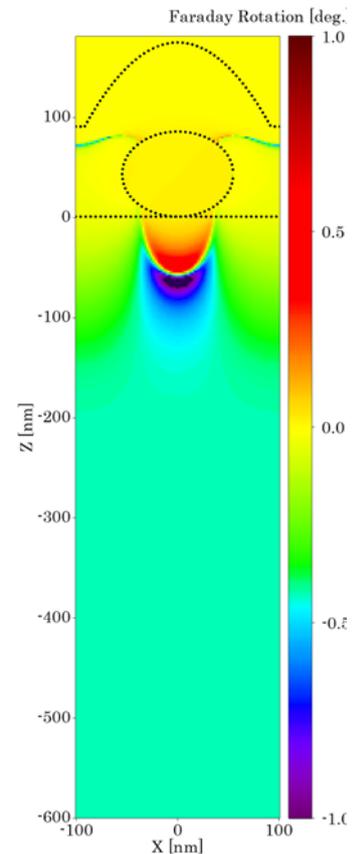


図 5  $XZ$  平面におけるファラデー回転角の分布

一回転の波長スペクトルが異なり、新しい磁気光学材料となる可能性がある。透過型の磁気光学材料としては磁性ガーネットがあるが、飽和磁界が小さく、また保磁力が大きいため、センサとした場合、初期の磁化状態によって感度が変わるという欠点がある。磁気光学グラニューラー材料は、このような問題を解決することができる可能性がある。本研究では、磁性体金属として FeCo, Co, NiFe などを用い、誘電体媒体としては Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> や SiO<sub>2</sub> 用い、これらを組合せた薄膜を作製した。

強磁性金属 FeCo と誘電体媒体と Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> から成るグラニューラー薄膜の SEM 像を図 6 に示すが、膜中に数 nm の粒子が分布しており、この粒子が強磁性グラニューラーであることが報告されており、この膜もおおよそ均一に分散したナノグラニューラー構造となっていると言える。また、室温で成膜したものと 500°C の加熱成膜をしたグラニューラー薄膜の XRD 測定では、どちらも回折の信号は確認できずアモルファスに近い状態であった。

FeCo グラニューラー薄膜 (35 at.%) と磁性ガーネット Bi:GIG の磁化特性を比較すると、FeCo グラニューラー薄膜は保磁力が小さく、飽和磁界が大きかった。したがって、広い範囲の外部磁界に対して線形応答ができると考えられる。またマイナーループを測定しても、磁性ガーネットと比べるとヒステリシスの幅は非常に狭く、線形の感度を持つと言える。

図 7(a) に FeCo グラニューラー薄膜 (FeCo 35 at.%) と Bi:GIG の磁気光学特性と光学特性を示す。FeCo グラニューラー薄膜のファラデー回転角は、可視光域で正の大きな値を持ち、波長が長くなるにつれて減少し、0 を通過して近赤外光域で負の値を示した。透過率は可視光域では比較的低い、波長が長くなるにつれて増加していく傾向になった。FeCo グラニューラー薄膜は赤外光域における MO センサへの応用に期待できると言える。図 7(b) に FeCo グラニューラー薄膜と Bi:GIG の性能指数を示す。この性能指数は透過率  $T$  とファラデー回転角  $\theta_F$  を用いて以下の式により求めたものである。

$$FOM = T^{\frac{1}{2}} |\theta_F| \quad (3)$$

Bi:GIG は、可視光域において大きなファラデー回転角と透過率を持っているため性能指数が大きくなった。それに対して、FeCo グラニューラー薄膜は可視光域と近赤外光域にそれぞれピークがあり、可視光域で大きな正のファラデー回転角があるため性能指数が大きくなり、近赤外光域でも透過率とファラデー回転角がともに大きいため性能指数が増加している。

加熱成膜することで FeCo グラニューラー薄膜のファラデー回転角、透過率、および性能指数を改善できるか調べたところ、磁化特性をほぼそのままであり、磁気光学特性、光学特性を向上させることができ、望ましい特性を得ることができる。

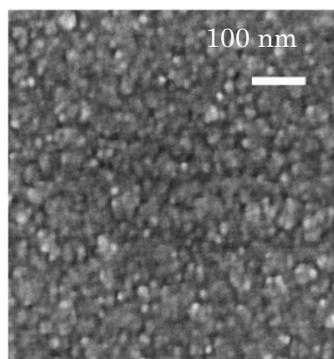


図 6 FeCo/SiN グラニューラー薄膜の SEM 像 FeCo : 40 at.%, 膜厚 250nm.

### 4.3. 磁気光学近接場光学顕微鏡 (MO-SNOM) の開発

本研究では、磁気光学ナノ構造体の偏光状態をナノスケールで観察するため、MO-SNOM の開発を進めた。ナノ構造体は、直径が 100nm ほど、周期が 200nm 程の構造であり、その試料の近接場光の情報を得るために必要な装置である。数年前に、我々が SNOM を開発 (ver. 1 と呼ぶ) を開始したときは、光ファイバーから出来ている開口プローブを用いて、マイクロメートルスケールで構造と光学測定をした [内田裕久 他, 電気学会マグネティックス研究会資料 MAG-11-043, 53-57 (2011)]. しかし、その SNOM は、本研究で用いるには分解能が不足していたため、分解能の向上、p と s 偏光の同時測定、圧電素子の非線形を無くすために xy 方向のクロズドループ制御ステージへ交換し、z 方向の位置制御のために周波数検出ユニットの開発を行った。

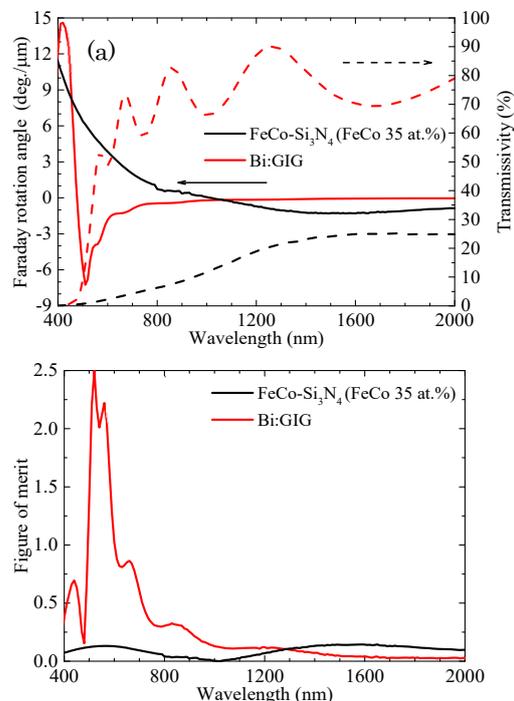


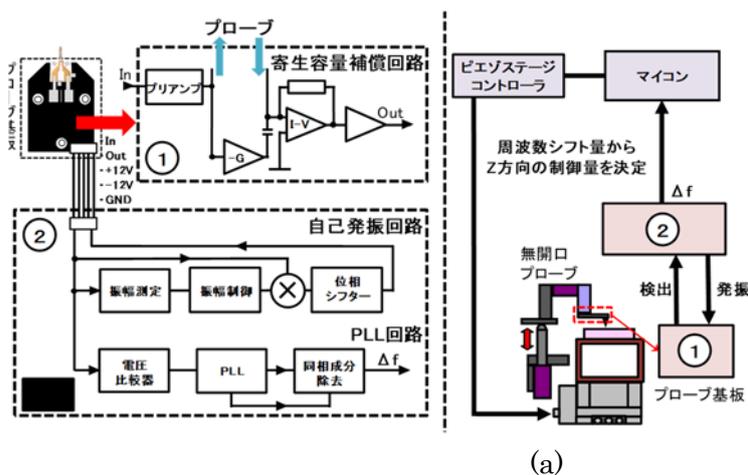
図 7 (a) 透過率およびファラデー回転角スペクトル, (b) 性能指数

図 8 に、我々が開発した MO-SNOM ver. 2 の 主要部の写真を示す。ここでは分解能を高めるために金属の無開口プローブを使用する仕様に変更し、圧電材料と一体化した自己振動型カンチレバー (A-probe, Nanosensors 社) を採用した。ピエゾステージは 3 軸ごとに線形移動ができるピエゾステージ (シグマ光機) を使用した。光学系は、散乱光の偏光を測定するために、偏光ビームスプリッタを追加し散乱光の p と s 偏光をそれぞれ測定できるようにした。従来のコントローラでは、2ch の同時画像測定ができなかったが、これらの変更に対応するため新規に SNOM コントローラを開発した。コントローラには組み込みマイコンが使用され測定系の制御を行う。Windows10 パソコンと USB で接続され、Windows アプリケーションから操作する。この装置を用いて測定した結果、まだ分解能が十分ではなかったが、これは使用しているプローブが、このときに用いていた振幅検出によるフィードバック制御に適しておらず、プローブが試料に接したときに周波数が大きく変わることによって追従できていなかったことが主な原因である。



図 8 開発した磁気光学近接場光学顕微鏡 (MO-SNOM ver. 2) 主要部

この問題を解決するため、周波数検出による制御法に変更することにした。図 9 は、周波数検出を行うために開発した制御回路のブロック図と作製した検出ユニットのプリント基板および検出ユニットの写真、プローブ基板の写真である。以前の装置ではプローブを振動させる周波数は一定でプローブの振動の振幅を検出する方法を用いていたが、この装置では周波数はプローブの振動周波数に合わせて自動的に変動し、PLL 回路により周波数変化を検出する。この周波数検出ユニットは、現在の SNOM に組み込んで使用する。寄生容量補償回路付きのプローブ基板は、SNOM の観察ユニットに無開口プローブとともに使用するものである。この方式の SNOM を MO-SNOM ver. 3 と呼ぶ。3 年間の研究期間で MO-SNOM の高分解能を得るために試行錯誤的に実験を行い、装置の開発を行うことができた。今後、この MO-SNOM を用いてナノ構造体の測定を行う。



(a)



(b)

図 9 周波数検出ユニットの開発。(a)MO-SNOM へ追加した周波数検出機構の構成、(b)作製した周波数検出ユニットおよびプローブ基板

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 A. I. Musorin, A. V. Chetvertukhin, T. V. Dolgova, H. Uchida, M. Inoue, B. S. Luk'yanchuk, A. A. Fedyanin	4. 巻 115
2. 論文標題 Tunable multimodal magnetoplasmonic metasurfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 APPLIED PHYSICS LETTERS	6. 最初と最後の頁 151102-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5124445	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 該当する
1. 著者名 Yuichi Nakamura, Pang Boey Lim, Taichi Goto, Hironaga Uchida, Mitsuteru Inoue	4. 巻 27
2. 論文標題 Recording and reconstruction of volumetric magnetic hologram using multilayer medium with heat dissipation layers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 27573-27579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.027573	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 Yuichi Nakamura, Lim Pang Boey, Taichi Goto, Hironaga Uchida, Mitsuteru Inoue	4. 巻 140(3)
2. 論文標題 Development of heat dissipation multilayered media for magnetic hologram memory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 125-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12246	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 井上 光輝, 中村 雄一, Lim Pang Boey, 後藤 太一, 内田 裕久	4. 巻 MAG-19-137
2. 論文標題 人工磁気格子と光デバイス・システム応用	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	6. 最初と最後の頁 23-28
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 吉本拓矢, 後藤太一, 中村雄一, 内田裕久, 井上光輝	4. 巻 MAG-19-077
2. 論文標題 非飽和状態における磁性ガーネットの高周波磁気応答	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	6. 最初と最後の頁 49-52
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 Yuichi Nakamura, Pang Boey Lim, Taichi Goto, Hironaga Uchida, Mitsuteru Inoue	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of Heat Dissipation Multilayer Media for Volumetric Magnetic Hologram Memory	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1738-1-1738-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12246	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 Lion Auge, Yuma Kawaguchi, Stefan Bechler, Roman Korner, Jorg Schulze, Hironaga Uchida, and Inga Anita Fischer	4. 巻 5
2. 論文標題 Integrated collinear refractive index sensor with Ge PIN photodiodes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 4586-4593
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 該当する

1. 著者名 Takuya Yoshimoto, Taichi Goto, Kei Shimada, Bungo Iwamoto, Yuichi Nakamura, Hironaga Uchida, Caroline A. Ross and Mitsuteru Inoue	4. 巻 4
2. 論文標題 Static and Dynamic Magnetic Properties of Single Crystalline Yttrium Iron Garnet Films Epitaxially Grown on Three Garnet Substrates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 1800106
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 該当する

1. 著者名 Ryohei Morimoto, Taichi Goto, Yuichi Nakamura, Pang Boey Lim, Hironaga Uchida and Mitsuteru Inoue	4. 巻 57
2. 論文標題 Crystalline and magneto-optical characteristics of (Tb,Bi)3(Fe,Ga)5O12 deposited on (Y,Nd)3Al5O12	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 61101-1-5
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 YUICHI NAKAMURA, ZEN SHIRAKASHI, HIROYUKI TAKAGI, PANG BOEY LIM, TAICHI GOTO, HIRONAGA UCHIDA, AND MITSUTERU INOUE	4. 巻 25
2. 論文標題 Error-Free Reconstruction of Magnetic Hologram via Improvement of Recording Conditions in Collinear Optical System	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 15349-15357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.25.015349	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 酒井将生, 高木宏幸, 中村和樹, 後藤太一, 中村雄一, Pang Boey Lim, 内田宏久, 井上光輝	4. 巻 137
2. 論文標題 広角用磁性フォトニック結晶の開発と磁気光学3次元ディスプレイへの応用	5. 発行年 2017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 398-403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.137.398	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 Takuya Yoshimoto, Taichi Goto, Hiroyuki Takagi, Yuchi Nakamura, Hironaga Uchida, Caroline A. Ross & Mitsuteru Inoue	4. 巻 7, 13805
2. 論文標題 Thermally stable amorphous tantalum yttrium oxide with low IR absorption for magnetophotonic devices	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep38679	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 該当する

1. 著者名 Zen Shirakashi, Taichi Goto, Hiroyuki Takagi, Yuichi Nakamura, Pang Boey Lim, Hironaga Uchida, and Mitsuteru Inoue	4. 巻 7, 12835
2. 論文標題 Reconstruction of non-error magnetic hologram data by magnetic assist recording	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-12442-z	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 -

[学会発表] 計27件(うち招待講演 5件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 J. Schlipf, Y. Itabashi, T. Goto, H. Takagi, P.B. Lim, Y. Nakamura, I.A. Fischer, J. Schulze, H. Uchida and M. Inoue
2. 発表標題 FDTD simulation of enhanced Faraday effect in plasmonic composite structures with rectangularly arranged Au particles
3. 学会等名 INTERMAG2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yota Kimura, Taichi Goto, Hiroyuki Takagi, Yuichi Nakamura, Pang Boey Lim, Hironaga Uchida, Mitsuteru Inoue
2. 発表標題 Reproduction of Three Dimensional Image Reconstructed from Magneto-optic Pattern Medium Recorded by Optical System with Microlens Array
3. 学会等名 IcAUMS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Hoshiba, Taichi Goto, Yuichi Nakamura, Pang Boey Lim, Hironaga Uchida and Mitsuteru Inoue
2. 発表標題 Reconstruction of Magnetic Hologram using Multi-Layered Medium with Discrete Magnetic Layers
3. 学会等名 IcAUMS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Inoue, H. Uchida, Y. Nakamura, P.B. Lim and T. Goto
2 . 発表標題 MAGNETIC PHASE INTERFERENCE IN ARTIFICIAL MAGNETIC LATTICES: FUNCTIONS AND APPLICATIONS TO OPTICAL, HIGHFREQUENCY, AND SPIN WAVE DEVICES
3 . 学会等名 HMMM-XXIII, IEEE Magnetic Society 2018 Distinguished Lecture (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Uchida, T. Goto, P. B. Lim, Y. Nakamura, M. Inoue
2 . 発表標題 Magneto-optical Plasmon
3 . 学会等名 HMMM-XXIII (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Takuya Yoshimoto, Taichi Goto, Yuichi Nakamura, Hironaga Uchida, Caroline A. Ross, Mitsuteru Inoue
2 . 発表標題 Magnetophotonic crystal using amorphous tantalum yttrium oxide as a high refractive index material
3 . 学会等名 ETOPIM11 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ryosuke Hashimoto, Kosuke Nishimoto, Taichi Goto, Yuichi Nakamura Hironaga Uchida and Mitsuteru Inoue
2 . 発表標題 Magneto-optic imaging with Fe garnet films fabricated on flexible substrates with spin-on process
3 . 学会等名 ETOPIM11 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Hironaga Uchida, Taichi Goto, Pang Boey Lim, Yuichi Nakamura, Mitsuteru Inoue
2. 発表標題 Magneto-optical Plasmon
3. 学会等名 ETOPIM11 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村陽太, 内田裕久, 後藤太一, 中村雄一, Lim Pang Boey, 井上光輝
2. 発表標題 マイクロスケール同時変調光学系を用いた磁気ホログラフィにおける3次元像の再生
3. 学会等名 電気学会 マグネティックス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉本 拓矢, 後藤 太一, 岩本 文吾, 中村 雄一, ロス キャロライン, 内田 裕久, 井上 光輝
2. 発表標題 格子不整合によるイットリウム鉄ガーネットの応力磁気異方性制御とスピン波伝搬特性への影響
3. 学会等名 電気学会 マグネティックス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Uchida H, Y., Goto T, Lim P. B., Nakamura Y., Inoue M.
2. 発表標題 MAGNETOOPTICAL PLASMON IN GOLD AND GARNET COMPOSITE STRUCTURE
3. 学会等名 BICMM-2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板橋悠人, J. Schlipf, 大木敬介, 斎藤 伸, 後藤太一, 中村雄一, P. Lim, I. Fischer, J. Schulze, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 長方配列Au粒子 / i: YIG構造体の光学および磁気光学応答のFDTDシミュレーション
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村陽太, 後藤太一, 中村雄一, P. Lim, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 マイクロレンズアレイを用いて磁気光学媒体に書き込まれたホログラムによる3次元像の再生
3. 学会等名 第42回日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 陽太, 内田裕久, 後藤太一, 中村雄一, Lim Pang Boey, 堀米秀嘉, 井上光輝
2. 発表標題 マイクロレンズアレイを用いた磁気光学3次元ディスプレイの開発
3. 学会等名 IEEE Magnetism Society 名古屋支部若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干場直樹, 後藤太一, 中村雄一, 林 攀梅, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 体積磁気ホログラムメモリ用磁性ガーネット多層膜記録媒体の設計と評価
3. 学会等名 電気学会マグネティックス/電子材料合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Uchida H., Ooki K., Saito S., Goto T., Takagi H., Nakamura Y., Lim P.B., Inoue M.
2. 発表標題 PLASMONIC ARTIFICIAL MAGNETIC LATTICE
3. 学会等名 MISM2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Takagi, T. Goto, P. Lim, H. Uchida and M. Inoue
2. 発表標題 Multi-level magneto-optic three-dimensional display
3. 学会等名 Intermag2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西本光佑, 橋本良介, 高木宏幸, 後藤太一, 中村雄一, リムパンボイ, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 磁気光学イメージングのための磁気光学材料およびイメージング装置の作製に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会 (CPM)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村陽太, 後藤太一, 高木宏幸, Lim Pang Boey, 中村雄一, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 3次元ディスプレイのためのマイクロレンズアレイを用いた配列データの同時光磁気書き込み
3. 学会等名 電気学会 マグネティクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口佑磨, 水谷佑介, 板橋悠人, 後藤太一, 高木宏幸, 中村雄一, P. B. Lim, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 長方配列Au粒子を用いた磁気光学プラズモニック構造体の光学および磁気光学応答
3. 学会等名 第41回 日本磁気学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西本光佑 (鈴鹿高専)・高木宏幸・後藤太一・中村雄一・リム パンボイ・内田裕久・井上光輝, 橋本良介
2. 発表標題 曲面上磁気光学イメージングのための磁気光学材料および磁気光学センサの開発に関する基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 電子部品・材料研究会 (CPM)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Schlipf, Y. Itabashi, T. Goto, H. Takagi, P. B. Lim, Y. Nakamura, I. A. Fischer, J. Schulze, H. Uchida, M. Inoue
2. 発表標題 FDTD simulation of Faraday effect enhancement through rectangular plasmonic nanoparticle arrays
3. 学会等名 IEEE Magnetics Society 名古屋支部若手研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本 光佑, 北原 旭, 橋本 良介, 後藤 太一, 中村 雄一, Lim, Pang Boey, 内田 裕久, 井上 光輝
2. 発表標題 磁気光学センサへの応用に向けた磁性グラニューラ薄膜の作製
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 板橋 悠人, Ilham Surya, Priasmoro, 高田 一紀, 水戸 慎一郎, Andrey A. Fedyanin, 後藤 太一, 中村 雄一, Lim, Pang Boey, 内田 裕久, 井上 光輝
2. 発表標題 Au粒子/Bi:YIG複合膜におけるファラデー効果増大についてのFDTDシミュレーション
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 板橋悠人, Surya-Priasmoro Ilham, 高田一紀, 水戸慎一郎, Andrey Fedyanin, 後藤太一, 中村雄一, Pang Boey Lim, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 正方配列Au粒子/Bi:YIG複合構造体におけるファラデー効果のFDTDシミュレーション
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西本光佑, 北原 旭, 橋本良介, 後藤太一, 中村雄一, Pang Boey Lim, 内田裕久, 井上光輝
2. 発表標題 磁性グラニューラ薄膜の磁気光学センサへの応用に向けた検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Yoshihara, Kelvin Elphick, Marjan Samiepour, Hironaga Uchida, Mitsuteru Inoue, Atsufumi Hirohata
2. 発表標題 Structural and Magnetic Property of Co Doped Mn Ga Antiferromagnetic Heusler Alloys
3. 学会等名 American Institute of Physics, Magnetism and Magnetic Materials Conference
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 内田裕久, 井上光輝	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 1468
3. 書名 薄膜作製応用ハンドブック, 第6章 第5節 磁気光学効果, p184-199	

〔産業財産権〕

〔その他〕

スピンエレクトロニクスグループ <a href="http://www.spin.ee.tut.ac.jp/">http://www.spin.ee.tut.ac.jp/</a>
----------------------------------------------------------------------------------------------

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
---------------------------	-----------------------	----