

令和 4 年 6 月 26 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02193

研究課題名（和文）近赤外/可視域における広帯域な迂回型光学迷彩の実現

研究課題名（英文）Broadband near-infrared/visible optical cloaking

研究代表者

雨宮 智宏（Amemiya, Tomohiro）

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：80551275

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高周波において透磁率の値を精密に制御可能なメタマテリアル構造を提案し、それを実際に有機薄膜フィルムに内包した。開発したフィルムを用いることで、予めフィルム内に特定の誘電率と透磁率分布を持つようにメタマテリアルを内包させておき、それを「対象物に巻き付ける」ことで可視域において光学迷彩を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光学迷彩を実現するためには、迷彩対象物周囲に特定の誘電率と透磁率を持つメタマテリアルを設計どおりに配置することが要求される。そのため、近赤外・可視域のような高周波帯で動作するメタマテリアルを用いて光学迷彩の実現を目指す場合、ナノスケールの金属構造体の簡易な3次元実装が必要不可欠となる。

本研究により開発された手法は、従来問題となっていた複雑な三次元構造の作製技術を省略することができる上、対象波長に比べて比較的大きい領域を透明化できる点で、他手法に比べて大きな優位性を有する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a special metamaterial whose magnetic permeability can be precisely controlled at high frequencies. The proposed metamaterial was encapsulated in an organic thin film with a specific permittivity and permeability distribution, and then wrapped around an object to realize optical cloaking in the visible range.

研究分野：光デバイス

キーワード：メタマテリアル 光学迷彩

1. 研究開始当初の背景

物質の性質を考え、新しい性質を有する材料を作り出すことは、人々の生活のあらゆる場面に寄与する極めて重要な研究であるといえる。メタマテリアルの研究とは、いわばその究極系であり、物質の「誘電率」と「透磁率」を自在にコントロールすることで、あらゆる性質を持った材料を生み出すことを目的としている。メタマテリアルの研究で最も注目される領域は、いわゆる屈折率が負になる領域であり、これは誘電率と透磁率を同時に負にすることによって実現される。この摩訶不思議な性質を利用することで、光学的な透明マント (=光学迷彩) を作り出せることが示唆されており、それに向けて数多くの研究が行われている。

光学迷彩を実現するためには、迷彩対象物周囲に特定の誘電率と透磁率を持つメタマテリアルを設計どおりに配置することが要求される。そのため、近赤外・可視域のような高周波帯で動作するメタマテリアルを用いて光学迷彩の実現を目指す場合、ナノスケールの金属構造体の簡易な3次元実装が必要不可欠となる。しかし、メタマテリアルの作製手法として標準的に用いられる「電子ビーム描画とリフトオフプロセス」や「収束イオンビームによる金属加工」などは、いずれもビーム焦点距離の問題から3次元実装には適さない。また、フェムト秒レーザーによる2光子還元法を用いて金属を3次元析出させる手法なども考案されているが、これらは柔軟な3次元実装ができる反面、ビーム解像度の面から構造体の最小サイズが限定されるという問題を含む。

以上の背景から、光学迷彩へ向けたメタマテリアルの3次元実装技術として、申請者の研究グループでは、メタマテリアルを内包した有機薄膜フィルム(以降、メタマテリアルフィルム)を開発した(浦上 達宣, 岡崎 真喜, 福川 健一, 雨宮 智宏. メタマテリアルフィルム及びその製造方法, 特許 6719237)。メタマテリアルフィルムの特徴は、膜厚 200 nm - 20 μ m の有機薄膜内にメタマテリアルを内包することで、所望の光学特性(誘電率・透磁率)を持ったフレキシブルフィルムを実現できる点にある。本フィルムを用いることで、予めフィルム内に特定の誘電率と透磁率分布を持つようにメタマテリアルを内包させておき、それを‘対象物に巻き付けるだけ’で光学迷彩を実現することが可能になる。これにより、従来問題となっていた複雑な三次元構造の作製技術を省略することができる上、対象波長に比べて比較的大きい領域を透明化できる。

2. 研究の目的

前述で述べた手法は汎用性のあるものであり、可視光から赤外線まで様々な周波数の電磁波(光から熱まで)の空間制御が可能になる。研究開始当初においては、中赤外(60 THz 帯)において光学迷彩の実証に成功していたが、光学迷彩を考える上で可視域(400 THz 以上)における動作は必須となる。そのため、本研究では、「メタマテリアルフィルムを用いた可視域における光学迷彩の実現」を研究目標に定める

3. 研究の方法

可視域にて透磁率を精密にコントロールできる新たなメタマテリアル構造を提案するとともに、それを用いた光学迷彩の実証を行った。一般的に、対象物を不可視化させる際には、その周囲の誘電率と透磁率の値を空間位置に対して極めて精細に制御することが要求される。メタマテリアルは、構成要素となる金属構造体を適切にデザインすることで誘電率や透磁率の値を人工的に制御しているが、このとき、構造体の寸法に対して誘電率や透磁率の値が大きく変化するようだと、精細な値の制御が困難となる。可視・赤外のような高周波帯で動作するメタマテリアル構造として、現在までに多分割スプリットリング共振器やフィッシュネット構造などが提案されているが、いずれも寸法が数ナノ変化しただけで透磁率が大きく変化するため、不可視化を実現する上で適当とはいえない。

そこで本研究では、高周波において透磁率の値を精密に制御可能なメタマテリアル構造を提案した(雨宮 智宏, 高木 茉佑. 高周波メタマテリアル, 特願 2021-079047)。本研究で提案したメタマテリアルの構造を図 1(a)に示す。本構造は4本の金属細線を積層した井桁型構造となっており、構造の中央がリアクタンス (L) として、1層目と2層目の金属細線が重なっている箇所周辺がキャパシタンス (C) として機能する。本構造では、図 1(b)に示すように、各層における金属細線の間隔 a を変化させると、 L と C の値が互いに相反して変化する。これにより、メタマテリアルの共振周波数 ($\omega=1/\sqrt{LC}$) は a に対して極めて小さい変化量を示すため、透磁率の値を精密に設計することが可能となる。

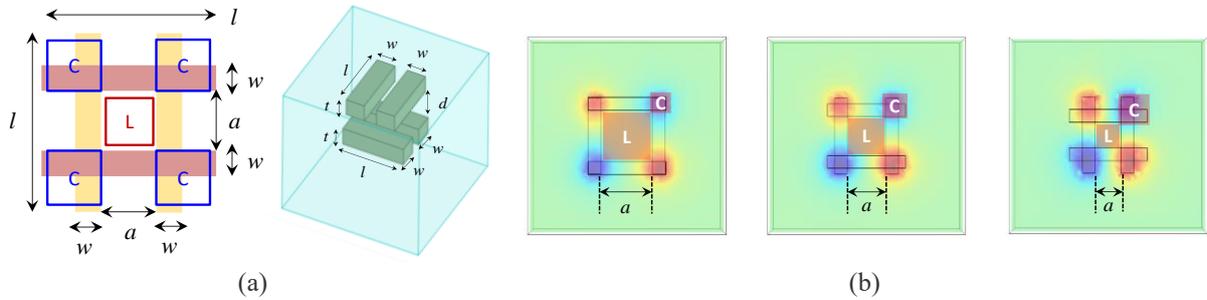


図 1 (a) 井桁構造のメタマテリアル (b) 各層における金属構造体の寸法 a を変化させると、 L と C の値が相反して変化するため、透磁率の値を精密に制御可能

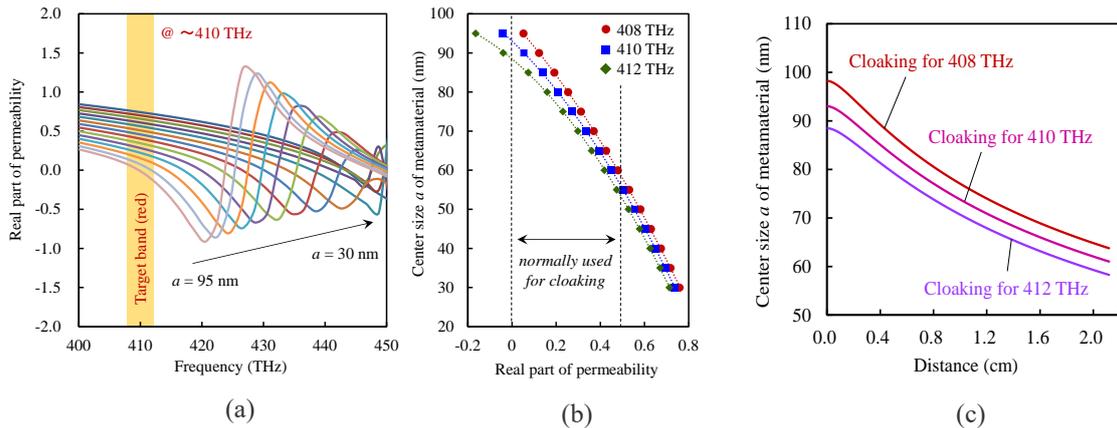


図 2 (a) 可視用に設計された井桁構造のメタマテリアルにおける透磁率の周波数依存性 (b) 400 THz 近傍での透磁率の構造依存性 (c) 可視域において直径 $50 \mu\text{m}$ の円柱形状の対象物を透明化するための、あらかじめフィルム内に内包すべき井桁構造のメタマテリアルの寸法

4. 研究成果

可視 (赤色) 用に設計された井桁型メタマテリアルにおける透磁率の周波数依存性を図 2(a) に示す。解析においては、金属細線の間隔 a のみを変化させており、その他のパラメータは一定値とした。これにより、400 THz 近傍の可視域 (赤色) において、 a を 45 nm から 95 nm まで変化した際に、 LC 共振周波数は 30 THz 程度シフトした。上記結果をもとに計算された井桁型メタマテリアルにおける透磁率の構造依存性を図 2(b) に示す。ここで、対象周波数を 410 THz に設定した場合、透磁率を 0 から 0.5 まで変化させるために、 a には約 40 nm の変化幅が許容されており、これにより透磁率の値を精密に制御可能となる (高周波メタマテリアルの代表格である 4 分割スプリットリング共振器を用いた場合は、 $2\text{-}3 \text{ nm}$ の変化幅しか許容されない)。

当グループでは、不可視化を実現するために、あらかじめフィルム内に特定の誘電率と透磁率分布をもつように井桁構造のメタマテリアルを内包させておき、それを対象物に巻きつける手法を提案している。本手法は汎用性のある技術であり、様々な周波数帯への適用が可能である。可視域 ($\sim 410 \text{ THz}$) において直径 $50 \mu\text{m}$ の円柱形状の対象物を不可視化するための、あらかじめフィルム内に内包すべき井桁型メタマテリアルの寸法を図 2(c) に示す (本計算では、メタマテリアルフィルムの膜厚は 725 nm 、円柱への巻き数は 50 と仮定した)。

上記設計に基づいて、実際に井桁構造のメタマテリアルを内包するメタマテリアルフィルムを作製した (図 3 参照)。メタマテリアルフィルム作製には、従来の 2 次元平面内にメタマテリアルを配置する手法を用いることができる。宿主材料には、可視・近赤外全域に対して高い透明性を有する ECRIOS® をベースにして、本研究用途に特別にデザインされたノルボルネン系のポリイミドを用いた。まず、支持基板上にポリイミドの前駆体であるポリアミド酸 (N-メチル-2-ピロリドンで希釈) を塗布し、熱処理により硬化させた。次に、電子ビーム描画およびリフトオフプロセスを用いて、金属 (Ti/Au/Ag) から構成されるメタマテリアルを 2 次的に形成した後、再度、ポリアミド酸を塗布・硬化させてメタマテリアルを埋め込み、反応性イオンエッチングによりポリイミドの膜厚を調整した。その後、電子ビーム描画装置の位置合わせ露光を用いることで、上記プロセスを繰り返し、井桁構造のメタマテリアルを作製した。最後に、支持基板から剥離を行ったメタマテリアルフィルムを、直径 $50 \mu\text{m}$ のタングステンワイヤとともにスライドガラスに挟んで滑走させることで巻きつけを行った。

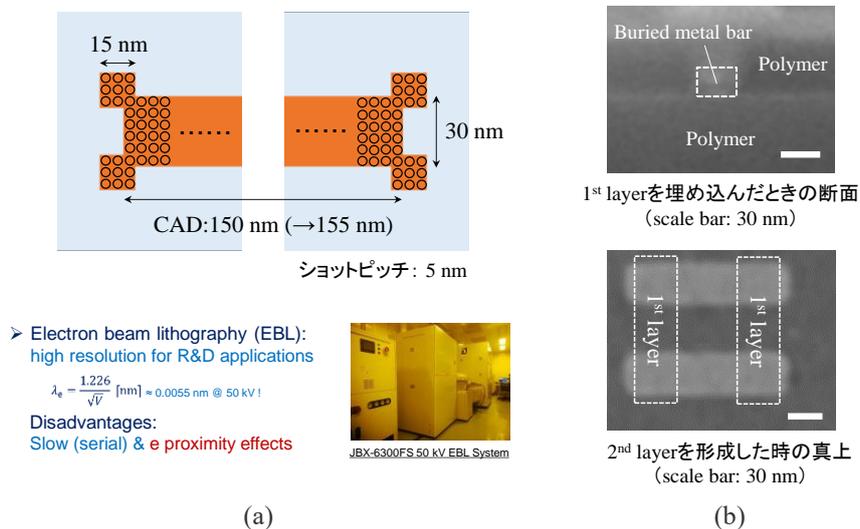


図3 井桁構造のメタマテリアルの作製：(a) 電子ビーム描画装置用のCADパターン（角の丸まりを抑えるために形状近接効果補正を導入している）(b) 作製した井桁構造のメタマテリアルの走査電子顕微鏡画像（断面図と真上図）

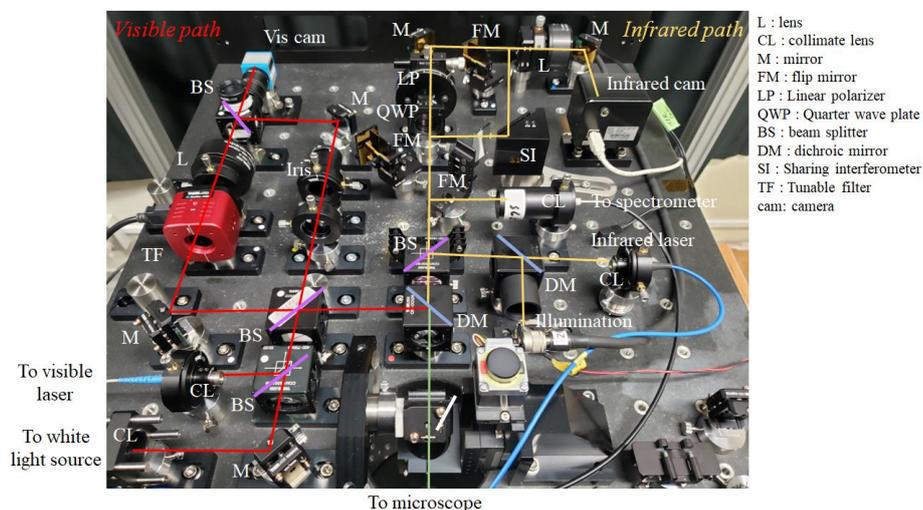


図4 構築した光学迷彩の評価系（本研究では左半分の測定系を用いた）

図4に、構築した光学迷彩の評価系を示す（本研究では左半分の測定系を用いた）。測定系としては、広帯域光源からの光を顕微鏡によりサンプルに入射し、その実像を観測した。撮像カメラの前には波長可変フィルタが配置してあり、対象波長における実像を切り出すことができるようになっている。また、光学系のパスを二つに分け片方を参照光として用いることで、サンプルから反射してきた光の位相差を測定できるようにした。

金属パターン（東工大のロゴマーク）が形成された透明基板の上部に、前述したメタマテリアルフィルムを巻いたタングステンワイヤを配置し、それをそれぞれの動作波長について画像化した結果を図5(c)に示す。この時、赤色のデバイスにおいては730 nm近傍において、巻きつけられたメタマテリアルフィルムが不可視化に寄与し、タングステンワイヤ下部のパターンが観測することに成功した。このとき、入射光が図5(a)のように迂回して、金属パターンが形成された透明基板に焦点を結んでいることを示唆している。逆に、それ以外の波長では、巻きつけられたメタマテリアルフィルムが機能せず、図5(b)のように入射光がタングステンワイヤで散乱されていることが見て取れた。

次に不可視化が確認された赤色デバイスにおいて、また、測定系のパスを二つに分け片方を参照光として用いることで、位相測定を行った（図5(d)）。このとき、入射光源は半導体レーザとし、二つのコリメート光（サンプルから反射してきた光と何もしていない参照光）を干渉させることで干渉縞の間隔などを確認した。図5(d)の上下図は、各々、金属パターンのみ、金属パターンの上部にメタマテリアルフィルムを巻いたタングステンワイヤ、を配置したサンプルに対する測定結果である。金属パターンのみとその上部にメタマテリアルフィルムを巻いたタングス

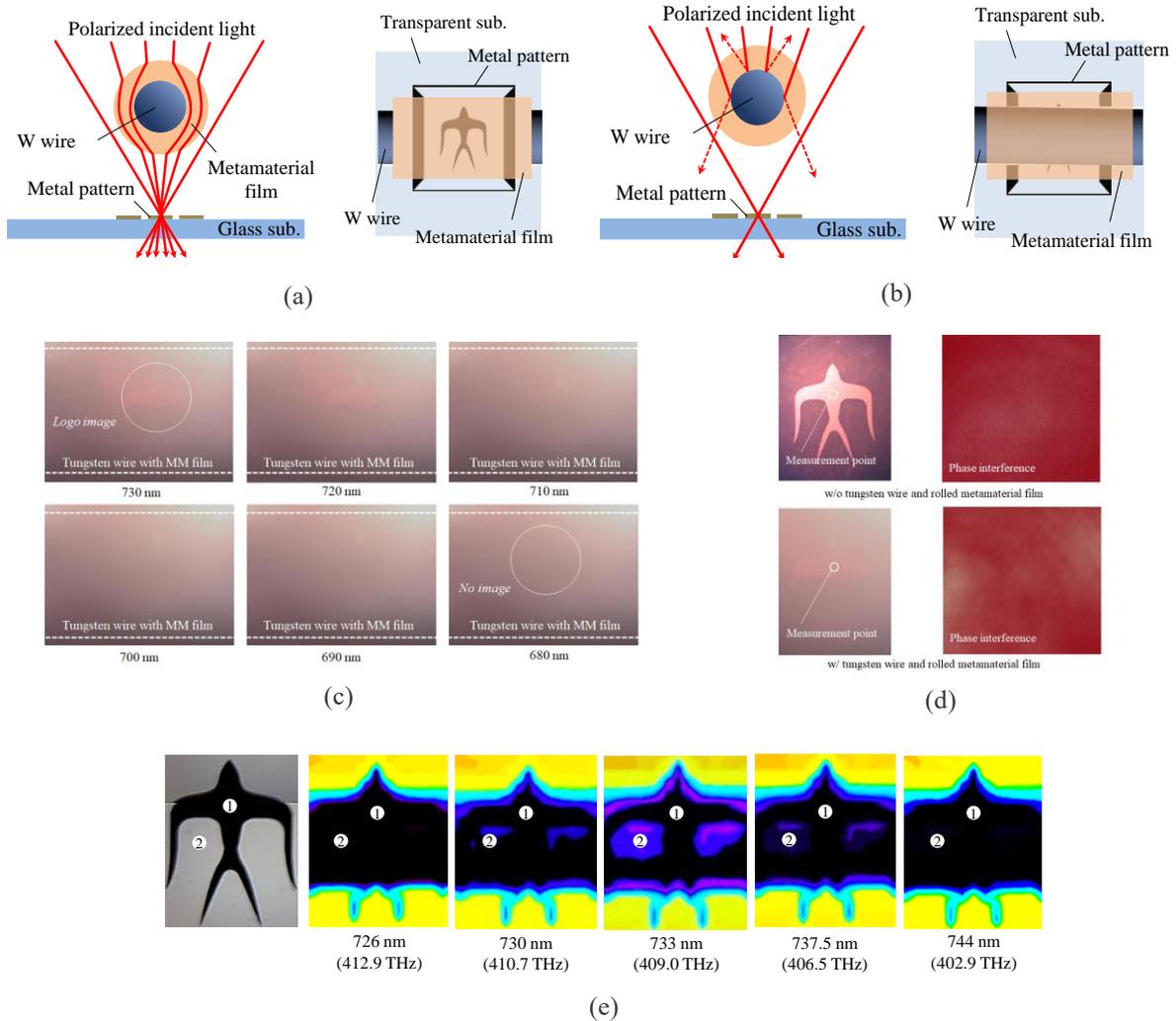


図 5 井桁型メタマテリアルを内包したメタマテリアルフィルムを用いた光学迷彩の評価 (a) 設計周波数における光の軌跡 (b) 設計周波数外における光の軌跡 (c) ハイパースペクトルイメージングによる画像 (d) 金属パターンをみの場合の位相干渉パターンとその上部にメタマテリアルフィルムを巻いたタングステンワイヤを配置したサンプルに対する位相干渉パターン (e) 紫外可視顕微分光マッピングによる画像

テンワイヤを配置したサンプルの干渉縞の傾向はほぼ同じであり、これにより、図 5(a)のように迂回した光は、普通に集光された光と比べて位相差がほとんど変化していないと結論づけることができた。

同一デバイスに対して、紫外可視顕微分光によるイメージングを行った結果を図 5(e)に示す。設計周波数 (410 THz) 近傍において、巻きつけられたメタマテリアルフィルムが不可視化に寄与し、タングステンワイヤ下部のパターンが観測できている。本結果は、図 5(c)の結果とも一致をみており、入射光が迂回して、金属パターンが形成された透明基板に焦点を結んでいることを示唆している。逆に、設計周波数外においては、巻きつけられたメタマテリアルフィルムが機能せず、入射光がタングステンワイヤで散乱されていることが見て取れた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 N. Takahashi, W. Fang, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama	4. 巻 38
2. 論文標題 Lateral confinement enhanced membrane laser on Si with buried-ridge-waveguide structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 3340-3345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.438329	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 H. Kagami, T. Amemiya, S. Okada, N. Nishiyama, X. Hu	4. 巻 29
2. 論文標題 Highly efficient vertical coupling to topological waveguide with defect structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 32755-32763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.432964	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 Yuning, Nagasaka Kumi, Mitarai Takuya, Ohiso Yoshitaka, Amemiya Tomohiro, Nishiyama Nobuhiko	4. 巻 59
2. 論文標題 High-quality InP/SOI heterogeneous material integration by room temperature surface-activated bonding for hybrid photonic devices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 052004 ~ 052004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab8434	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 Okada Sho, Amemiya Tomohiro, Kagami Hibiki, Saito Koichi, Tanaka Makoto, Nishiyama Nobuhiko, Hu Xiao	4. 巻 JW2D.23
2. 論文標題 Optical vortex beam splitter using topological edge state waveguide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. Conference on Lasers and Electro-Optics 2020	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/CLEO_AT.2020.JW2D.23	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 Amemiya Tomohiro, Kagami Hibiki, Tanaka Makoto, Okada Sho, Nishiyama Nobuhiko, Takagi Mayu, Urakami Tatsuhiko	4. 巻 JW2D.7
2. 論文標題 1020-nm-band optical cloak using double-layered metamaterial film	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. Conference on Lasers and Electro-Optics 2020	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/CLEO_AT.2020.JW2D.7	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 Fang Weicheng, Takahashi Naoki, Ohiso Yoshitaka, Amemiya Tomohiro, Nishiyama Nobuhiko	4. 巻 59
2. 論文標題 High-quality, room-temperature, surface-activated bonding of GaInAsP/InP membrane structure on silicon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 060905 ~ 060905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab958a	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 Tanaka Makoto, Amemiya Tomohiro, Kagami Hibiki, Nishiyama Nobuhiko, Arai Shigehisa	4. 巻 28
2. 論文標題 Control of slow-light effect in a metamaterial-loaded Si waveguide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 23198 ~ 23198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.389996	査読の有無 無
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 Mitarai Takuya, Moataz Eissa, Miyazaki Takayuki, Amemiya Tomohiro, Nishiyama Nobuhiko	4. 巻 59
2. 論文標題 Design and measurement of broadband loop mirror with curved directional coupler based on Si waveguides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 112002 ~ 112002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abbe68	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 Kagami Hibiki, Amemiya Tomohiro, Okada Shou, Nishiyama Nobuhiko, Hu Xiao	4. 巻 28
2. 論文標題 Topological converter for high-efficiency coupling between Si wire waveguide and topological waveguide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 33619 ~ 33619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.398421	査読の有無 無
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 Jiao Yuqing, Nishiyama Nobuhiko, van der Tol Jos, van Engelen Jorn, Pogoretskiy Vadim, Reniers Sander, Kashi Amir Abbas, Wang Yi, Calzadilla Victor Dolores, Spiegelberg Marc, Cao Zizheng, Williams Kevin, Amemiya Tomohiro, Arai Shigehisa	4. 巻 36
2. 論文標題 InP membrane integrated photonics research	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Semiconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 013001 ~ 013001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6641/abcadd	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 Eissa Moataz, Mitarai Takuya, Amemiya Tomohiro, Miyamoto Yasuyuki, Nishiyama Nobuhiko	4. 巻 59
2. 論文標題 Fabrication of Si photonic waveguides by electron beam lithography using improved proximity effect correction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 126502 ~ 126502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abc78d	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 雨宮 智宏, 高木 菜佑	4. 巻 2021年4月号
2. 論文標題 不可視を科学する	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気評論	6. 最初と最後の頁 38-43
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 雨宮 智宏, 西山 伸彦, 吉田 知也, 渥美 裕樹, 榊原 陽一	4. 巻 31(4)
2. 論文標題 シリコンフォトンクスによる光渦多重技術	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 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 Takehiko Kikuchi, Liu Bai, Takuya Mitarai, Hideki Yagi, Masato Furukawa, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai Takehiko Kikuchi, Liu Bai, Takuya Mitarai, Hideki Yagi, Masato Furukawa, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai	4. 巻 59
2. 論文標題 Enhanced bonding strength of InP/Si chip-on-wafer by plasma-activated bonding using stress-controlled interlayer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SBB02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4b11	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 Hibiki Kagami, Tomohiro Amemiya, Makoto Tanaka, Yuning Wang, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai	4. 巻 27(20)
2. 論文標題 Metamaterial infrared refractometer for determining broadband complex refractive index	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 28879-28890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.028879	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 Tomohiro Amemiya, Satoshi Yamasaki, Makoto Tanaka, Hibiki Kagami, Keisuke Masuda, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai	4. 巻 27(10)
2. 論文標題 Demonstration of slow-light effect in a silicon-wire waveguide with a metamaterial	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 15007-15017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.015007	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 Keisuke Masuda, Tomohiro Amemiya, Hibiki Kagami, Makoto Tanaka, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai	4. 巻 58(5)
2. 論文標題 Analysis of I/O metal grating coupler for organic membrane photonic integrated circuits	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 51012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1336	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 Xu Zheng, Tomohiro Amemiya, Zhichen Gu, Kouichi Saito, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai	4. 巻 36(4)
2. 論文標題 Design of GaInAs/InP membrane p-i-n photodiodes with back-end distributed Bragg reflector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 1054-1061
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.36.001054	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 -

〔学会発表〕 計62件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Sho Okada, Tomohiro Amemiya, Hibiki Kagami, Koichi Saito, Makoto Tanaka, Nobuhiko Nishiyama, Xiao Hu
2. 発表標題 Optical vortex splitter using topological edge state waveguide
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大磯 義孝, 横村 優太, 西山 伸彦, 丸山 武男, 雨宮 智宏, 岩崎 孝之, 波多野 睦子
2. 発表標題 SiNx 光導波路集積ダイヤモンドセンサ構造の設計
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田 祥, 雨宮 智宏, 齋藤 孝一, 各務 響, 田中 真琴, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 Siをベースとしたトポロジカルスプリッタの作製と評価
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 各務 響, 雨宮 智宏, 岡田 祥, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 Si細線導波路とトポロジカル伝送路間の高効率な結合へ向けたテーパ構造の作製・評価
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 雨宮 智宏, 各務 響, 岡田 祥, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 高効率な垂直結合へ向けたキャピティを有するトポロジカル伝送路の特性解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齋藤 直仁, 雨宮智宏, ナパット ジェイジッチャロンチャイ, 西山伸彦
2. 発表標題 FMCW-LiDARシステムによる点群物体検出
3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榎原 豊, Moataz Eissa, 御手洗 拓矢, 雨宮 智宏, 西山 伸彦, 庄司 雄哉, 鈴木 恵治郎, 鴻池 遼太郎, 岡野 誠, 池田 和浩, 水本 哲弥
2. 発表標題 CMOSプロセスを利用したSi導波路型 反射率可変ミラーの作製と評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Weicheng Fang, Naoki Takahashi, Weiqi Wang, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama
2. 発表標題 Investigation of heat generation reduction effect of semiconductor membrane laser using thermal shunt structure
3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Moataz Eissa, Yutaka Makihara, Yoshitaka Ohiso, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama
2. 発表標題 Threshold Modes Analysis for Asymmetric Hybrid III-V/Si DFB Laser Structures
3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 雨宮 智宏, 各務 響, 岡田 祥, 高橋 直樹, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 トポロジカルフォトンクスと光回路
3. 学会等名 電子情報通信学会 2020年ソサイエティ大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Weiqi Wang et al.
2. 発表標題 Design of InP-based membrane waveguide on Si substrate toward low propagation loss and high-efficiency coupling with laser,
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Moataz Eissa et al.
2. 発表標題 Linewidth Analysis of External Cavity Hybrid InP/Si Distributed Reflector Laser with Loop Mirror-type Back Reflector
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榎原 豊 et al
2. 発表標題 構成可能な光集積回路に向けた Si 導波路型反射率可変ミラー
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 直樹 et al.
2. 発表標題 GaInAsP 半導体薄膜分布反射型レーザの最適な光 閉じ込めに関する考察
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 雨宮 智宏, 各務 響, 岡田 祥, 西山 伸彦, 吉田 知也, 渥美 裕樹, 榊原 陽一, 胡 曉
2. 発表標題 光通信へ向けたトポロジカル光波の可能性
3. 学会等名 レーザー学会第41回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Moataz Eissa, Takehiko Kikuchi, Takuo Hiratani, Yutaka Makihara, Naoki Fujiwara, Naoko Inoue, Toshiyuki Nitta, Hideki Yagi, Yoshitaka Ohiso, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama
2. 発表標題 Hybrid DFB Lasers Consisting of GaInAsP Gain Region and Si Vertical Grating Fabricated by Room-temperature Surface-activated Bonding
3. 学会等名 第68回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原 豊, 菊地 健彦, 平谷 拓生, 藤原 直樹, 井上 尚子, 新田 俊之, モータズ エイッサ, 御手洗 拓矢, 大磯 義孝, 雨宮 智宏, 八木 英樹, 西山 伸彦
2. 発表標題 異種材料接合により集積されたSOI基板上波長可変レーザーおよび光増幅器による相互利得変調の試行
3. 学会等名 第68回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 雨宮 智宏, 高木 茉佑, 各務 響, 岡田 祥, 西山 伸彦
2. 発表標題 透磁率を精密に制御可能な高周波メタマテリアル
3. 学会等名 第68回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 各務 響, 雨宮 智宏, 岡田 祥, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 高効率な垂直結合に向けたトポロジカル欠陥キャビティの特性解析
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 西山 伸彦, 齋藤 直仁, Napat Jitcharoenchai, 雨宮 智宏, 大矢 正人, 諫本 圭史
2. 発表標題 小型FMCW-LiDARに向けたモジュール化・点群処理技術
3. 学会等名 電子情報通信学会 2021年総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 各務 響, 雨宮 智宏, 岡田 祥, 王 雅慧, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 光渦の高効率な垂直結合に向けたトポロジカル欠陥キャビティの特性解析
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田 祥, 雨宮 智宏, 各務 響, 王 雅慧, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 トポロジカルフォトリック結晶における光学分散特性の測定
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 雨宮 智宏, 岡田 祥, 各務 響, 王 雅慧, 西山 伸彦, 姚 遠昭, 迫田 和彰, 胡 曉
2. 発表標題 フォトリソバンドダイアグラム顕微鏡
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Wang, T. Amemiya, H. Kagami, S. Okada, N. Nishiyama, X. Hu
2. 発表標題 Investigation on gammadion-shaped Chiral Metamaterial
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野寺 広夢, 菊池 健彦, 大磯 義孝, 雨宮 智宏, 西山 伸彦
2. 発表標題 ハイブリッド集積に向けたDirect Transfer Bondingによる接合位置精度の検討
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 直樹, 方 偉成, 大磯 義孝, 雨宮 智宏, 西山 伸彦
2. 発表標題 リッジ埋め込み導波路構造による強横方向光閉じ込めGaInAsP半導体薄膜レーザの発振特性
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Wang, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama
2. 発表標題 Inverse Design of a 1.3-um Compact Wavelength MUX/DEMUX Using SiN on Si platform
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 W. Fang, N. Takahashi, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama
2. 発表標題 Thermal resistance reduction of membrane FP laser bonded by a-Si nano-film assisted surface activated bonding
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 圭太 et al.
2. 発表標題 Si/SiON/SiO ₂ ダブルクラッド型スポットサイズコンバータのSiON屈折率依存性
3. 学会等名 Photonic Device Workshop 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Wang et al.
2. 発表標題 Fabrication and Characterization on Chirality of Gammadion-shaped Metamaterial
3. 学会等名 Photonic Device Workshop 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 直仁 et al.
2. 発表標題 FMCW-LiDAR による点群データへのフィルタ処理を用いたノイズ除去アルゴリズム
3. 学会等名 Photonic Device Workshop 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎原 豊, Moataz Eissa, 雨宮 智宏, 西山 伸彦
2. 発表標題 マッハツェンダー干渉計とループミラーを用いた反射率可変ミラーの作製と評価
3. 学会等名 Photonic Device Workshop 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 雨宮 智宏, 西山 伸彦, 吉田 知也, 渥美 裕樹, 榎原 陽一
2. 発表標題 光渦多重通信へ向けたシリコンフォトニクス素子
3. 学会等名 2021年度 光通信インフラの飛躍的な高度化に関する特別研究専門委員会(EXAT)研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田 祥, 雨宮 智宏, 各務 響, 王 雅慧, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 トポロジカルフォトニック結晶を用いたエッジ伝送の干渉による経路切替
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 各務 響, 雨宮 智宏, 岡田 祥, 王 雅慧, 西山 伸彦, 胡 暁
2. 発表標題 バンドチューニングによるトポロジカル伝送路の伝搬特性
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 直樹, 方 偉成, Xue Ruihao, 勝見 駿斗, 大磯 義孝, 雨宮 智宏, 西山 伸彦
2. 発表標題 リッジ埋め込み導波路構造およびACPM回折格子を導入したGaInAsP半導体薄膜レーザの発振特性
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 能勢 武尊, 大磯 義孝, 荒井 慧悟, 岩崎 孝之, 波多野 睦子, 雨宮 智宏, 西山 伸彦
2. 発表標題 紫外可視分光を用いたダイヤモンドNVセンターの吸収係数測定
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本多 祥大, 五十嵐 絵里, 雨宮 智宏
2. 発表標題 磁気光学効果と電気磁気効果を考慮した光導波路理論の拡張
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Xue, W. Fang, N. Takahashi, S. Katsumi, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama
2. 発表標題 Low Loss InP-Rib Waveguide on Si Substrate for Membrane Photonic Integrated Circuits
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 W. Fang, N. Takahashi, R. Xue, S. Katsumi, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama
2. 発表標題 110 high temperature operation of GaInAsP/Si membrane DFB Laser bonded by a-Si nano-film assisted surface activated bonding
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 圭太, 横原 豊, 王 羽端, 大磯 義孝, 雨宮 智宏, 西山 伸彦
2. 発表標題 Si/SiON/SiO ₂ ダブルクラッド型スポットサイズコンバータのSiON屈折率変化における結合効率の向上の検討
3. 学会等名 第69回応用物理会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Onodera, T. Kikuchi, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama
2. 発表標題 Chip-on-wafer Bonding for III-V/Si Heterogeneous Integration
3. 学会等名 7th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration (LTB-3D) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Takahashi, W. Fang, Y. Ohiso, T. Amemiya, N. Nishiyama
2 . 発表標題 Lateral Optical Confinement Enhanced GaInAsP Membrane Laser on Si for On-chip Optical Interconnection
3 . 学会等名 27th International Semiconductor Laser Conference (ISLC 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Makihara, M. Eissa, T. Amemiya, N. Nishiyama
2 . 発表標題 Reflectivity Tunable Mirror with MZI and Loop Waveguide on SOI for Reconfigurable Photonic Integrated Circuit
3 . 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Amemiya H. Kagami, S. Okada, N. Nishiyama
2 . 発表標題 Slow light in metamaterial waveguide
3 . 学会等名 OSA/OSK/OSJ Joint Symposia on Optics 2021 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 N. Nishiyama, T. Amemiya
2 . 発表標題 On-Silicon Photonic Integrated Circuit toward On-Chip Interconnection and Distributed Computing
3 . 学会等名 2021 Symposium on VLSI Technology (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 W. Fang et al.
2. 発表標題 Thermal Resistance Reduction Of GaInAsP/Si Membrane Laser Bonded By Room Temperature Sinano-film Assisted Surface Activated Bonding
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2021: 32nd International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Okada, T. Amemiya, H. Kagami, K. Saito, M. Tanaka, N. Nishiyama, X. Hu
2. 発表標題 Optical vortex splitter using topological edge state waveguide
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sho Okada, Tomohiro Amemiya, Hibiki Kagami, Koichi Saito, Makoto Tanaka, Nobuhiko Nishiyama, Xiao Hu
2. 発表標題 Optical vortex beam splitter using topological edge state waveguide
3. 学会等名 The Conference on Lasers and Electro-Optics 2020 (CLEO 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomohiro Amemiya, Hibiki Kagami, Makoto Tanaka, Sho Okada, Nobuhiko Nishiyama, Mayu Takagi, Tatsuhiro Urakami
2. 発表標題 1020-nm-band optical cloak using double-layered metamaterial film
3. 学会等名 The Conference on Lasers and Electro-Optics 2020 (CLEO 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 W. Fang, Y. Wang, T. Amemiya, N. Nishiyama
2 . 発表標題 InP/SiO ₂ /Si Surface Activated Bonding Assisted by Si Nano-Film
3 . 学会等名 9th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 W. Wang, F. Weicheng, K. Saito, N. Takahashi, T. Amemiya, N. Nishiyama
2 . 発表標題 Design of Low Loss InP-Based Membrane Optical Components on Si Substrate
3 . 学会等名 9th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Moataz Eissa, Takuya Mitarai, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Yasuyuki Miyamoto
2 . 発表標題 Fabrication of Si Photonics Waveguides by Thick Resist-Mask Electron Beam Lithography Proximity Effect Correction
3 . 学会等名 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takuya Mitarai, Moataz Eissa, Takayuki Miyazaki, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2 . 発表標題 Broadband Si waveguide loop mirror with curved directional coupler
3 . 学会等名 The 24th Optoelectronics and Communications Conference (OECC/PSC 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Amemiya, Tomoya Yoshida, Yuki Atsumi, Yasuyuki Miyamoto, Yoichi Sakakibara, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Si-based Orbital Angular Momentum Mux/Demux Module
3. 学会等名 IEEE International Nanoelectronics Conference (INEC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiro Amemiya, Hibiki Kagami, Koichi Saito, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Topological Photonic Integrated Circuits for Controlling OAM light
3. 学会等名 International Workshop Topology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Miyazaki, Fumihito Tachibana, Takehiko Kikuchi, Takuo Hiratani, Hideki Yagi, Moataz Eissa, Takuya Mitarai, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Taper Length Dependence of Double-Taper-Type Coupler for GaInAsP/SOI Hybrid Integrated Platform
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019: 31st International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Takahashi, Nagisa Nakamura, Takamasa Yoshida, Weicheng Fang, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Buried-ridge-waveguide Type GaInAsP/InP Membrane Distributed-Reflector Lasers for Reduction of Differential Resistance
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019: 31st International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuning Wang, Takuya Mitarai, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Investigation of InP/Si bonding condition for optimizing Photoluminescence property by Surface Activated Bonding based on Fast Atom Beam
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019: 31st International Conference on Indium Phosphide and Related Materials (IPRM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehiko Kikuchi, Liu Bai, Takuya Mitarai, Hideki Yagi, Tomohiro Amemiya, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 High Yield Chip-on-wafer Low Temperature Plasma Activated Bonding for III-V/Si Hybrid Photonic Integration
3. 学会等名 2019 6th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration (LTB-3D 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hibiki Kagami, Tomohiro Amemiya, Makoto Tanaka, Keisuke Masuda, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Metamaterial infrared refractometer for detecting broadband complex refractive index of liquid material
3. 学会等名 The Conference on Lasers and Electro-Optics 2019 (CLEO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Tanaka, Tomohiro Amemiya, Satoshi Yamasaki, Hibiki Kagami, Makoto Tanaka, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai
2. 発表標題 Control of slow-light effect in metamaterial-loaded Si waveguide
3. 学会等名 The Conference on Lasers and Electro-Optics 2019 (CLEO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計10件

産業財産権の名称 非磁性導波路型アイソレータ	発明者 雨宮 智宏, 岡田 祥, 胡 暁	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-099783	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 トポロジカル垂直結合器	発明者 雨宮 智宏, 各務 響, 胡 暁	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-14576	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 高周波メタマテリアル	発明者 雨宮 智宏, 高木 茉 佑	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-079047	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 試料の測定装置、測定方法およびプログラム	発明者 雨宮 智宏, 岡田 祥, 河村 賢一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-217786	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 光学迷彩装置	発明者 雨宮 智宏, 高木 茉 佑	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-197954	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 トポロジカル光回路	発明者 雨宮 智宏, 斎藤 孝 一, 各務 響, 岡田 祥, 胡 暁	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-151863	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 トポロジカル垂直結合器	発明者 雨宮 智宏, 各務 響, 胡 暁	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-14576	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 高周波メタマテリアル	発明者 雨宮 智宏, 高木 茉 佑	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-079047	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 トポロジカル全光スイッチ	発明者 雨宮 智宏, 岡田 祥, 胡 暁	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-137523	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 円二色性計測方法およびプログラム	発明者 雨宮 智宏, 各務 響, 岡田 祥, 胡 暁, 河 村 賢一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-163323	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

東京工業大学 西山研究室
<http://www.opto.ee.e.titech.ac.jp/>
雨宮智宏HP
<https://www.ametomo.info/>

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

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