

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04169

研究課題名（和文）目的特性を与えるだけで光デバイスを自動設計する多目的トポロジー最適設計法の開発

研究課題名（英文）Development of Multi-Objective Topology Optimization for Photonic Devices with Desired Properties

研究代表者

辻 寧英（Tsuji, Yasuhide）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70285518

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：設計者の知識に頼らずに計算機を用いて高性能な光デバイスを設計するため、トポロジー自動最適設計法の検討を行った。設計領域内の構造表現にメタボールを用いた方法、モザイク状の構造をベースとする方法を新たに開発し、目標の特性を実現し作製に適した素子構造を得られることを示した。設計効率を高めるための数値解析法の検討も行い、改良型の等価屈折率法を活用することで3次元設計を大幅に効率化できることを示した。また、最適解の探索のアルゴリズムとしてハーモニーサーチと勾配法のハイブリッド手法を提案し、比較的多くの問題でこれまでの手法よりも探索効率が高いことを示した。これらの成果を基に様々な新しいデバイスを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光デバイスは通信分野のみならずバイオセンシングをはじめ様々な分野で応用が広がっている。そうした様々な分野からの様々な要求に応えられる高性能な光デバイスを時期を逸することなく設計できることが求められている。開発した光デバイスのトポロジー最適設計法は、設計者の知識を必要とすることなく目的の特性を与えるだけでそれを実現し作製にも適した素子を自動設計することができる。これにより光を利用した技術の進展が加速することが期待される。また、トポロジー最適設計法でまったく新しい構造が自動生成されることで、これまで我々が考えてこなかった物理や、素子特性を改善するための技術を知ることができる。

研究成果の概要（英文）：In order to design high-performance optical devices using computer simulation without relying on the designer's knowledge, an automatic topology optimization method have been investigated. We developed a new method using metaballs and mosaic-like structures to represent structures in the design region, and showed that this method can achieve the target characteristics and obtain device structures suitable for fabrication. Numerical analysis methods were also investigated to improve design efficiency, and it was shown that the improved equivalent effective index method can significantly improve the efficiency of 3D design. We also proposed a hybrid method of Harmony Search and Gradient Method as an algorithm to optimal solution search, and showed that it is more efficient than previous methods for a relatively large number of problems. Based on these results, we have found various new optical devices.

研究分野：電子工学，光・波動エレクトロニクス

キーワード：光導波路デバイス トポロジー最適設計 有限要素法 ビーム伝搬法 随伴変数法 関数展開法

● 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

通信需要の増大に伴い、光通信の高速大容量化、省電力化を目指して高性能な光デバイスが求められていた。また、光デバイスは非通信分野への応用も広がり、求められる素子特性は多岐にわたるようになった。そうした様々な光デバイスを設計者の知識と経験に頼って開発していくことには限界があり、数値解析に基づく最適設計法が広く用いられるようになっていた。最適設計法には様々なレベルがあり、その中でもトポロジー最適設計法は設計者の知識を全く必要とせず、計算機にトポロジーまで含めてまったく新しいデバイス構造を目的の特性に合せて創出させることができるため、光デバイスの極限までの高性能化を目指して、実際のデバイス開発へのトポロジー最適設計法の応用が強く求められていた。我々の研究グループでも、トポロジー最適設計法の基礎的な技術についてはこれまでに検討を進めてきたが、一般に高度な素子特性を実現しようとする最適化問題の目的関数が多峰的になり、局所解に捕われ大域的な解探索が難しいことに加え、目的の特性を実現したとしても高い作製精度が求められる複雑な構造が得られることも問題となっていた。

2. 研究の目的

こうした状況の下、本研究ではより実現性の高い構造が得られるようなトポロジー最適設計法の開発を行う。また、併せて最適設計に必要な数値解析法の高速化のための改良、できるだけ局所解に捕われずに大域的な解探索のための最適化アルゴリズムの検討を行う。これらの検討をとおして、光デバイスの高性能化を達成するとともに、光デバイスの新たな可能性を探ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) より実現可能性の高いデバイス構造を得るための検討

我々が独自に開発してきた関数展開法に基づくトポロジー最適設計を念頭に、構造表現に用いる基底関数についての検討を行う。いくつかの制約条件を課すことで複雑な構造の発生を抑える検討を行う。また、構造のトレランスの評価を可能にし、構造のトレランスを考慮した設計ができるようにする。

(2) デバイス特性解析のための数値解析の効率化

数値解析には主に有限要素法、ビーム伝搬法を用いる。有限要素法の高速化のために、伝搬演算子法を活用して、部分領域ごとに散乱演算子表現できるようにし、それらを合成して全体構造の特性解析を行えるようにする。これにより最適設計において構造変化があった部分領域のみを再計算することで全体構造の特性が解析でき、計算を効率化できる。また、3次元光導波路デバイスの設計を効率化するため、等価屈折率法を改良し、2次元近似設計の精度を改善し、それに続く3次元設計の負荷を軽減する。

(3) 大域探索可能な最適化手法についての検討

最適解の探索にこれまで主に随伴変数法による感度解析に基づく勾配法を用いてきた。勾配法は解探索が効率的であるが、局所解に陥りやすい。そのため、いくつかの進化的手法について比較検討するとともに、機械学習のひとつであるベイズ最適化を用いた設計についても検討する。

4. 研究成果

(1) 光デバイスの最適化における構造表現に関する研究成果

関数展開法は用いる基底関数によって生成される構造をある程度制御できる特徴があるが、より単純な構造の獲得を目指してコンピュータグラフィックスなどで用いられるメタボールを用いた構造表現についての検討を行った。設計空間にメタボールを配置してその位置、長半径、短半径、角度をCMA-ESを用いて最適化する。隣接するメタボールは滑らかに結合するため、構造の曲率などへ自動的に制約がかかる。実際に、問題によっては比較的単純な構造を容易に生成できることを示すことができた。その一例を図1に示す。左に示す従来の標準化関数を用いた設計に比べて右に示すメタボールを用いた設計では大幅に構造が単純化されていることがわかる。波長特性、トレランスともに改善されていることも確認している。

モザイク状の構造表現についても併せて検討を行った。モザイク構造の設計ではこれまで直接二分岐探索(DBS)やバイナリ型の進化的手法が広く用いられているが、随伴変数法に基づく感度解析を利用することでそうした手法に比べて解探索効率を大幅に改善できることを示した。また、初期状態のグレイ領域を広くすることで、局所解に陥る可能性が低く大域的な探索がされやすいことも確認した。図2はTHz領域でのPPDW導波路二分岐素子の設計例であるが、広帯域にわたって動作可能な二分岐素子が設計されていることがわかる。周波数フィルタなどのいくつかの素子の設計例を示し、手法の有用性を確認した。

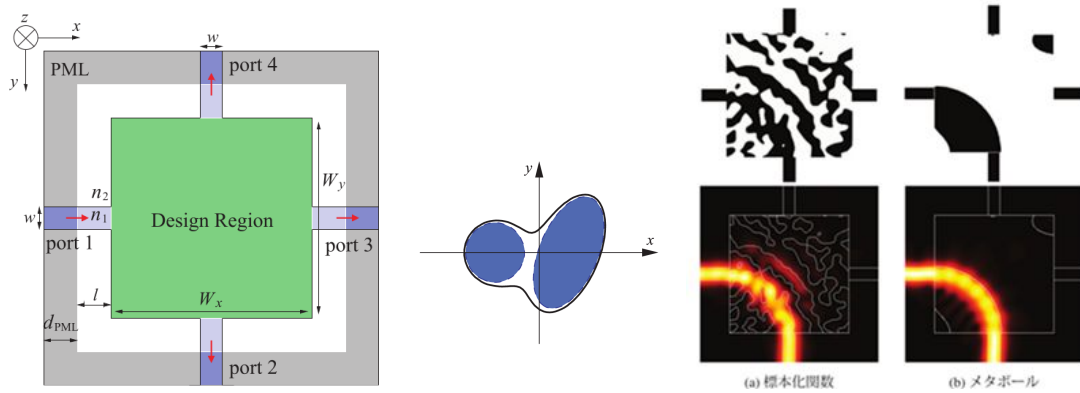


図 1 メタボールを用いた光デバイスの最適設計例

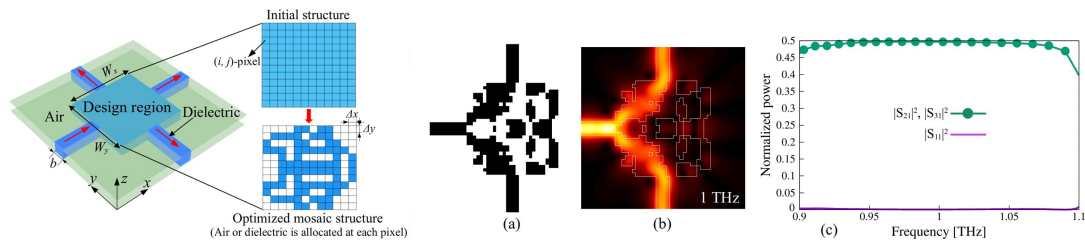


図 2 随伴変数法を用いたモザイク状素子の最適設計例

(2) 光デバイスの数値解析の効率化に関する研究成果

3次元光デバイスを効率的に解析するため、まず2次元近似設計を行い、得られた構造を初期構造として最適設計を行う方法が考えられるが、強導波路に対する等価屈折率法は精度が低く3次元解析を行ったときに特性が大きく異なることも多い。そのため、強導波路に対しても比較的高い精度で近似ができるような改良型の等価屈折率法を新たに提案した。図3に2モードに対応した交差導波路の最適設計例を示す。改良型の等価屈折率法を用いて設計した構造を基に3次元構造としての解析設計を行っている。上段が2次元近似設計、下段が3次元設計の結果であるが、両者の構造はよく一致しており、2次元近似設計の有用性が分かる。3次元設計の反復改良の回数は20回でよく、大幅に設計効率が改善できている。

有限要素法解析を効率化するため、伝搬演算子法を有限要素法の境界処理として用いた新しい有限要素法を開発し、さらにこれを利用して、領域ごとの特性を表す散乱演算子行列を導出し、これを組み合わせることで全体構造の特性を精度良く効率的に解析できることを確認した。その一例を図4に示す。円筒対称の3次元有限長グレーティング導波路に対して、この手法を用いた場合と従来の有限要素法解析を行った場合の結果を比較している。両者の結果が良く一致していることがわかる。素子設計において、この周期グレーティングの一部に欠陥を設けるような場合に、その部分の散乱演算子を部分領域に対する有限要素法解析により導出することで設計効率を大幅に改善できる。

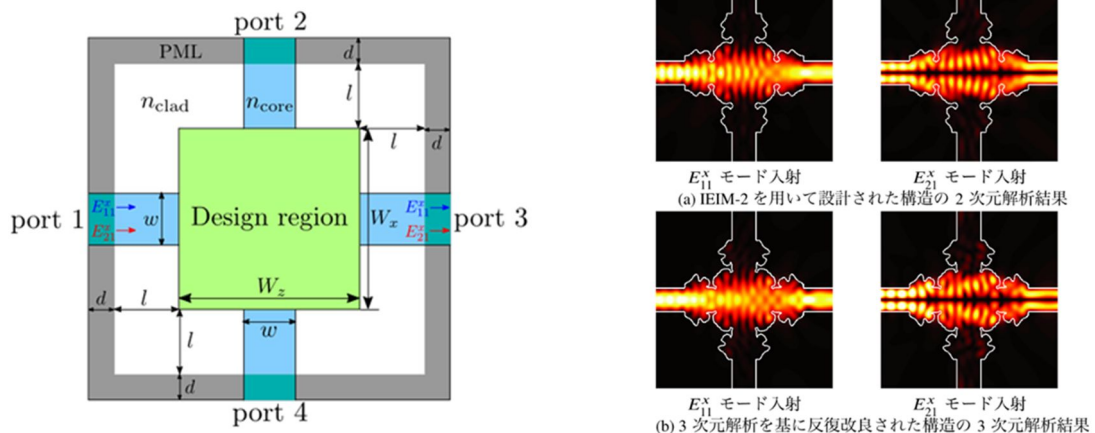


図 3 改良した等価屈折率法を活用した3次元光デバイスの設計例

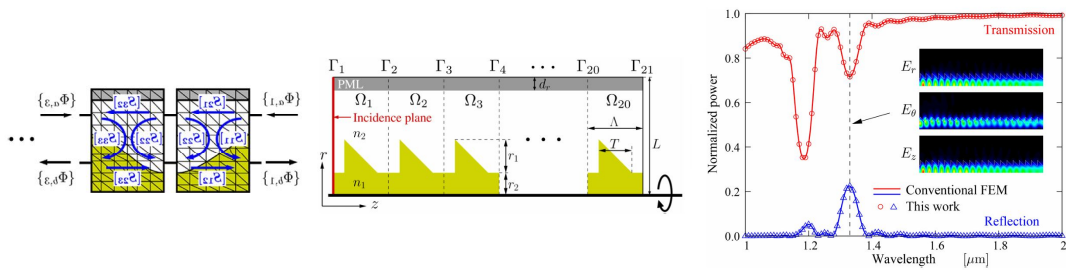


図 4 伝搬演算子法を活用した新しい有限要素法解析例

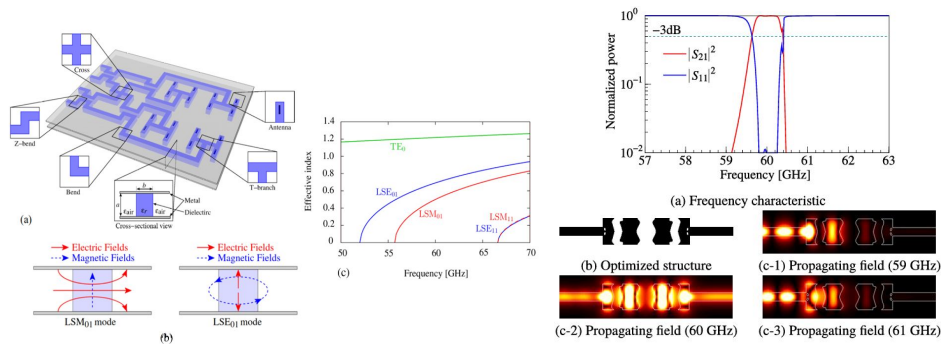


図 5 新しい 2 次元フルベクトル有限要素法を用いた NRD ガイドのトポロジー最適設計例

ミリ波伝送路として期待される NRD ガイドの効率的な有限要素法解析の定式化と実装を行った。NRD ガイドは 3 次元構造を有しているが、導体板に垂直な方向に構造変化がない場合には厳密に 2 次元解析が可能であることを、具体的な定式化とともに示した。さらにこの解析法をトポロジー最適化と組み合わせることで効率的な NRD ガイドデバイス設計が可能であることを明らかにした。図 5 に設計の一例を示す。高性能な帯域通過フィルタが比較的低い計算コストで実際に設計されている。

(3) 光導波路デバイス最適化のための解探索に関する研究成果

より大域的な最適解の探索にベイズ最適化を用いる検討を行った。ベイズ最適化では、目的関数分布を不確実性まで含めて推定し、もっとも得られる利益が大きいと考えられる点を次の探索点とすることで、効率的に大域的な最適解を求める方法であるが、設計変数が多くなると探索効率が悪くなることが問題となっていた。本研究では、高次元空間を低次元空間に埋め込み、低次元空間の選択を逐次更新しながら低次元空間内での探索を繰り返すことで最適解の探索効率を高める検討を行った。図 6 に NRD ガイドで構成されるスタブ型フィルタの設計例を示す。目標とする周波数特性を有するフィルタが設計されている。このベイズ最適化は光導波路デバイスのトポロジー最適設計にも応用しその有効性について議論を行った。随伴変数法で求まる感度情報を利用することでベイズ推定の精度を高められることも明らかにした。

より大域的な解探索の方法として、各種の進化的手法と共分散適応行列進化戦略(CMA-ES)など複数の方法を試し、一部改良し、その有用性について議論した。新たに導入したハーモニーサーチ(HSA)や CMA-ES は、問題によって従来広く用いられている遺伝的アルゴリズム(GA)などよりも高い性能を示すことが示された。図 7 に各手法の比較として NRD ガイド曲がりの設計例を示す。比較した手法の中では HSA が比較的探索性能が高く、さらに

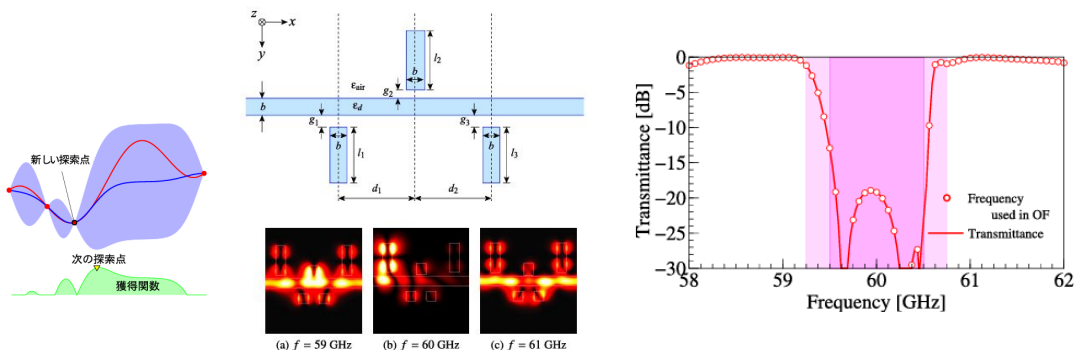


図 6 ベイズ最適化を用いたスタブ型フィルタの設計例

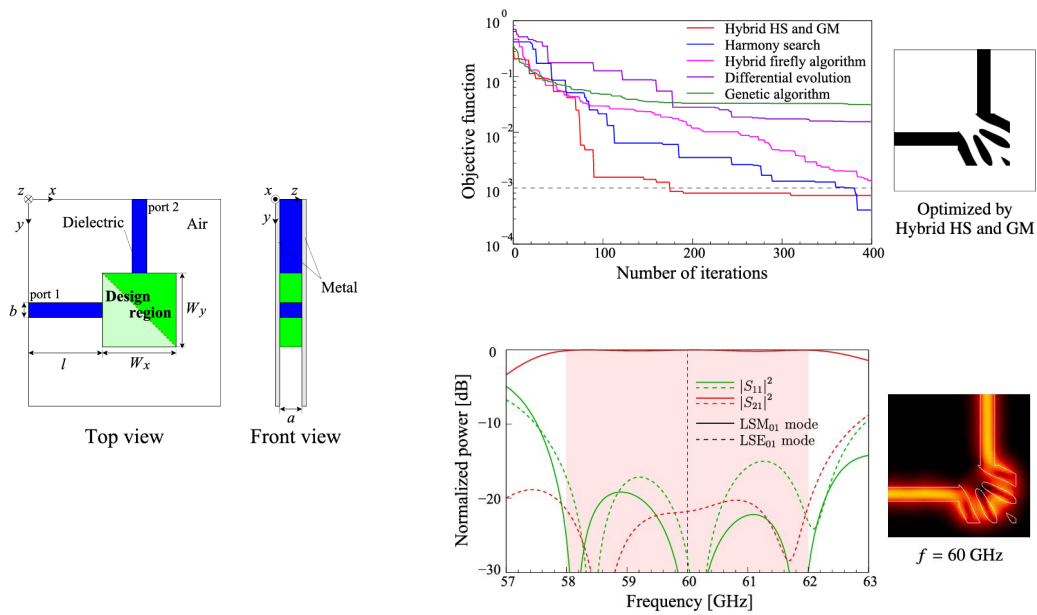


図 7 各進化的手法の解探索性能の比較

随伴変数法に基づく勾配法と HSA を併用することで、効率的に大域的な解探索が可能であることがわかる。この設計において実際に、広帯域動作可能な曲がり導波路が効率的に設計できていることがわかる。また、最終的に得られた構造は比較的単純で作製に適した構造を見出ししていることもわかる。これらに加えて CMA-ES に関する検討も行い、初期値依存性が若干あるものの問題によって HSA よりも大域的最適解を効率的に求められることも示した。

これらの成果を基に、様々な光・ミリ波デバイスの最適設計を実施し目標の特性を達成するこれまでにない新たな素子構造を見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 奥谷 怜平、森本 佳太、井口 亜希人、辻 寧英	4. 巻 J105-C
2. 論文標題 3次元光デバイスの効率的なトポロジー最適設計に関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 176 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2021STP0006	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 井口 亜希人、辻 寧英	4. 巻 J105-C
2. 論文標題 ビーム伝搬法を活用した光回路デバイスの構造最適設計	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 193 ~ 199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2021JC10014	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 Bashir Tahir, Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide, Kashiwa Tatsuya	4. 巻 10
2. 論文標題 Mosaic Based Optimization of NRD Guide Devices Using Binary Evolutionary Approaches and 2D-FVFEM	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 60682 ~ 60695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3180732	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 Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide	4. 巻 40
2. 論文標題 Efficient Full-Vectorial Finite Element Analysis for Circularly Symmetric Waveguides	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Lightwave Technology	6. 最初と最後の頁 4351 ~ 4356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JLT.2022.3160506	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 Bashir Tahir, Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide, Kashiwa Tatsuya, Nishiwaki Shinji	4. 巻 35
2. 論文標題 Optimal design of broadband non radiative dielectric guide devices using binary <scp>genetic algorithm</scp> and <scp>2D FVFEM</scp>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jnm.2984	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 Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide	4. 巻 14
2. 論文標題 New Insights of Polarization Beam Splitter Based on Sinusoidally Driven Directional Coupler	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Journal	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JPHOT.2022.3177787	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 IGUCHI Akito, TSUJI Yasuhide	4. 巻 E105.C
2. 論文標題 Optimal Design of Optical Waveguide Devices Utilizing Beam Propagation Method with ADI Scheme	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 644 ~ 651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.2021ESI0001	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 HIEDA Naoya, MORIMOTO Keita, IGUCHI Akito, TSUJI Yasuhide, KASHIWA Tatsuya	4. 巻 E105.C
2. 論文標題 Topology Optimal Design of NRD Guide Devices Using Function Expansion Method and Evolutionary Approaches	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 652 ~ 659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.2021ESP0005	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 Bashir Tahir, Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide, Kashiwa Tatsuya	4. 巻 65
2. 論文標題 Analysis of NRD guide devices using rigorous two dimensional full vectorial FDTD method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Microwave and Optical Technology Letters	6. 最初と最後の頁 447 ~ 453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mop.33510	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 Hieda Naoya, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide, Morimoto Keita, Kashiwa Tatsuya	4. 巻 20
2. 論文標題 Function expansion based topology optimization of NRD guide device using hybrid method of harmony search and gradient method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 20230012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.20.20230012	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 Tsuji Yasuhide, Morimoto Keita, Iguchi Akito, Kashiwa Tatsuya, Nishiwaki Shinji	4. 巻 31
2. 論文標題 Two-Dimensional Full-Vectorial Finite Element Analysis of NRD Guide Devices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Microwave and Wireless Components Letters	6. 最初と最後の頁 345 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMWC.2021.3060179	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 工藤 滉司, 森本 佳太, 井口 亜希人, 辻 寧英	4. 巻 J104-C
2. 論文標題 モード結合理論と機械学習を用いた3次元光導波路デバイスの最適設計の効率化に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 137 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2020STP0003	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 富安 柁斗、森本 佳太、井口 亜希人、辻 寧英	4. 巻 J104-C
2. 論文標題 進化的手法と勾配法を用いた多目的最適設計による光デバイスの構造単純化に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 146 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2020STP0004	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 Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide	4. 巻 39
2. 論文標題 Novel Scattering Operator for Arbitrary Finite Element Models in Optical Waveguides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Lightwave Technology	6. 最初と最後の頁 2941 ~ 2948
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JLT.2021.3060444	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 Kudo Koji, Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide, Kashiwa Tatsuya	4. 巻 63
2. 論文標題 Optimal design of dielectric flat lens utilizing Bayesian optimization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microwave and Optical Technology Letters	6. 最初と最後の頁 1978 ~ 1983
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mop.32837	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 Iguchi Akito, Morimoto Keita, Tsuji Yasuhide	4. 巻 33
2. 論文標題 Bidirectional Beam Propagation Method Based on Axi-Symmetric Full-Vectorial Finite Element Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Technology Letters	6. 最初と最後の頁 707 ~ 710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LPT.2021.3089166	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 Bashir Tahir, Morimoto Keita, Iguchi Akito, Tsuji Yasuhide, Kashiwa Tatsuya, Nishiwaki Shinji	4. 巻 18
2. 論文標題 Optimal design of NRD guide devices using 2D full-vectorial finite element method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 20210243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.18.20210243	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 柏 達也、辻 寧英	4. 巻 J105-B
2. 論文標題 ミリ波NRDガイドのトポロジー最適設計と新素子の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 322 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2021JB10002	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 奥谷 怜平、森本 佳太、井口 亜希人、辻 寧英	4. 巻 J105-C
2. 論文標題 3次元光デバイスの効率的なトポロジー最適設計に関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 176 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2021STP0006	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67件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Y. Tsuji, A. Iguchi, K. Morimoto, and T. Kashiwa
2. 発表標題 Topology Optimization of Plasmonic Device Using Function Expansion Method and CMA-ES
3. 学会等名 3rd URSI Atlantic and Asia Pacific Radio Science Meeting (AT-AP-RASC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 H. Maruyama, A. Iguchi, Y. Tsuji, T. Kashiwa
2 . 発表標題 Topology optimization of optical devices using function expansion method and CMA-ES
3 . 学会等名 27th OptoElectronics and Communications Conference/International Conference on Photonics in Switching and Computing 2022 (OECC/PSC 2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 N. Hieda, A. Iguchi, Y. Tsuji, T. Kashiwa
2 . 発表標題 Topology optimization of millimeter-wave to optical devices using two-dimensional full-vectorial finite element method
3 . 学会等名 27th OptoElectronics and Communications Conference/International Conference on Photonics in Switching and Computing 2022 (OECC/PSC 2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 W. Wang, Z. Zhang, S. Liu, X. Wang, Y. Tsuji, and J. Xu
2 . 発表標題 Design of single-polarized single-mode photonic crystal fiber without air holes in the cladding
3 . 学会等名 2022 International Conference on Information Processing in Ocean Science and Technology (ICIPOST 2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 T. Bashir, K. Morimoto, A. Iguchi, Y. Tsuji, and T. Kashiwa
2 . 発表標題 Optimal design of NRD isolator using Ni-Zn ferrite post for millimeter-wave integrated circuit applications
3 . 学会等名 2022 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Tsuji, A. Iguchi, K. Morimoto, and T. Kashiwa
2. 発表標題 Function expansion based topology optimization of optical and millimeter-wave circuit devices
3. 学会等名 2022 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Hieda, A. Iguchi, Y. Tsuji, K. Morimoto, and T. Kashiwa
2. 発表標題 Topology optimization of NRD guide devices using covariance matrix adaptation evolution strategy
3. 学会等名 2022 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山 皓貴, 井口亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 共分散行列適応進化戦略と関数展開法を用いた光デバイスのトポロジー最適設計
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 風間啓佑, 井口亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 サブ波長グレーティング構造NRDガイドにおける単一モード伝送に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tahir Bashir , Akito Iguchi , Yasuhide Tsuji , Tatsuya Kashiwa
2. 発表標題 Design of mosaic-like NRD guide devices with magnetic material
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷口 美緒 , 井口垂希人 , 辻 寧英
2. 発表標題 THz帯の磁性メタサーフェスの自動最適設計に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稗田直哉 , 井口垂希人 , 辻 寧英 , 柏 達也
2. 発表標題 ハーモニーサーチと勾配法のハイブリッド手法によるNRDガイド素子のトポロジー最適設計
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥谷怜平 , 井口垂希人 , 辻 寧英
2. 発表標題 等価屈折率法を用いたPPDWの効率的な2次元近似解析
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 風間 啓佑, 井口亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 サブ波長グレーティング NRD ガイド回路素子の設計に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷口 美緒, 井口亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 1次元磁性メタサーフェスの入射角度特性の改善について
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tahir Bashir, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji, Keita Morimoto, Tatsuya Kashiwa
2. 発表標題 Optimal design of NRD non-reciprocal guide device for millimeter-wave applications
3. 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology (CIF22)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoya Hieda, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji, Keita Morimoto, Tatsuya Kashiwa
2. 発表標題 Topology optimization of millimeter-wave band devices using hybrid scheme of gradient method and evolutionary algorithm
3. 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology (CIF22)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Keisuke Kazama, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji
2 . 発表標題 Single mode operation in NRD guide with subwavelength grating
3 . 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology (CIF22)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Hiroki Maruyama, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji, Keita Morimoto, Tatsuya Kashiwa
2 . 発表標題 Topology optimization of optical devices using CMA-ES
3 . 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology (CIF22)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Hyunuk Ahn, Akito Iguchi, Keita Morimoto, Yasuhide Tsuji
2 . 発表標題 Bidirectional beam propagation method based on full-vectorial finite element method for non-radiative dielectric guide
3 . 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology (CIF22)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Takumi Kimura, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji
2 . 発表標題 Optimal design of photonic devices using coordinate transformed finite element beam propagation method
3 . 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology (CIF22)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 安 賢旭, 井口 亜希人, 森本 佳太, 辻 寧英
2. 発表標題 NRDガイド解析のための双方向ビーム伝搬法
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 風間 啓佑, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 サブ波長グレーティングNRDガイドの設計と回路素子への応用に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稗田 直哉, 井口 亜希人, 辻 寧英, 森本 佳太, 柏 達也
2. 発表標題 共分散行列適応進化戦略を用いたNRDガイド周波数分離素子のトポロジー最適設計
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山 皓貴, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 構造の単純化を考慮した関数展開法に基づくトポロジー最適設計に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷口 美緒, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 THz帯アイソレータのための磁性メタサーフェスに関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王 威龍, 張 沢君, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 フォトニック結晶コア光ファイバによる単一偏波伝送
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Md. Iquebal Hossain Patwary, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji
2. 発表標題 Efficient Optimal Design of Mosaic-like PPDW Devices Using Adjoint Variable Method
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 巧, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 座標変換有限要素ビーム伝搬法による導波路型光デバイスの最適設計
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥谷 怜平, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 PPDWデバイスの等価屈折率法を用いた効率的な2次元近似最適設計
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古森 隼矢, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 完全PBGを有するTHz帯フォトニック結晶の設計と導波路応用に関する研究
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 李 聖博, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 磁性フォトニック結晶ファイバを用いた光アイソレータの設計に関する研究
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丸山 皓貴, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 構造の曲率と線幅に制約を課した関数展開法に基づくトポロジー最適設計
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平尾 勇晴, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 非線形Kerr効果を利用した光デバイスのトポロジー最適設計の初期的検討
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 巧, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 座標変換有限要素ビーム伝搬法を活用したモード変換光デバイスの最適設計
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Md Iqbal Hossain Patwary, Akito Iguchi, Yasuhide Tsuji
2. 発表標題 Optimal Design of Mosaic-like PPDW Devices for THz Application
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 風間 啓佑, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 ミリ波回路応用のためのサブ波長グレーティングNRD導波路曲がりに関する研究
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安 賢旭, 井口 亜希人, 森本 佳太, 辻 寧英
2. 発表標題 散乱行列に基づく双方向ビーム伝搬法を用いたNRDガイドの解析
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稗田 直哉, 森本 佳太, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 共分散行列適応進化戦略を用いたNRDガイド素子の構造とサイズに関する検討
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 奥谷 怜平, 森本 佳太, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 進化的手法と勾配法を組み合わせた光デバイスのトポロジー最適設計
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稗田 直哉, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 焼き鈍し的手法を用いたNRDガイド素子のトポロジー最適設計
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山 皓貴, 井口亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 3次元プラズモニックデバイスのベイズ最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Iguchi and Y. Tsuji
2. 発表標題 Optimal design of photonic devices using time-domain beam propagation method
3. 学会等名 2021 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium (ACES) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻 寧英
2. 発表標題 導波路型光デバイスのトポロジー自動最適設計法の開発
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井口亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 双方向ビーム伝搬法を用いたグレーティングカブラの設計に向けた一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稗田 直哉, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 焼き鈍し的手法を用いたNRDガイド周波数分離素子のトポロジー最適設計
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥谷 怜平, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 進化的手法と勾配法を組み合わせた汎用的なトポロジー最適設計に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山 皓貴, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 ベイズ最適化を用いた3次元プラズモニック導波路デバイスの設計に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北浦 憲, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 PUFEMによる光導波路解析に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須藤 穂子, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 Space Mapping Techniqueを用いた光デバイスの設計に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山岸 昂平, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 進化的手法によるモザイク状構造NRD素子の最適設計
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 風間 啓祐, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 2枚の導体板間に形成するTHz帯導波路に関する研究
3. 学会等名 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N. Hieda, A. Iguchi, Y. Tsuji, and T. Kashiwa
2. 発表標題 Topology optimal design of NRD guide devices using simulated annealing like scheme
3. 学会等名 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Maruyama, A. Iguchi, Y. Tsuji, and T. Kashiwa
2 . 発表標題 Bayesian optimization of three-dimensional plasmonic devices
3 . 学会等名 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Morimoto, A. Iguchi, and Y. Tsuji
2 . 発表標題 Flexible scattering operator technique for analysis of axi-symmetric optical devices
3 . 学会等名 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Bashir, K. Morimoto, A. Iguchi, Y. Tsuji, and T. Kashiwa
2 . 発表標題 Comparative study of optimization method for design of NRD guide devices with mosaic-like structure
3 . 学会等名 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Bashir, K. Morimoto, A. Iguchi, Y. Tsuji, and T. Kashiwa
2 . 発表標題 Optimal Design of 90 ° -Bend in NRD Guide Using DBS Algorithm and 2D-FVFEM
3 . 学会等名 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (IEEE AP-S/URSI 2021) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 山岸 昂平, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 ハーモニーサーチを用いたモザイク状構造 NRD デバイスの最適設計
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 風間 啓祐, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 平行導体間に形成する THz 帯 PhC 導波路に関する研究
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稗田 直哉, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 モード変換を利用した NRD ガイド周波数分離素子のトポロジ-最適設計
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥谷 怜平, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 進化的手法と感度情報を併用した 3 次元光デバイスの最適設計に関する検討
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 須藤 穂子, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 Aggressive Space Mapping を用いた光デバイスの最適設計に関する研究
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北浦 憲, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 波動伝搬を考慮した PUFEM による光デバイスに関する研究
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山 皓貴, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 適応座標降下法を活用したベイズ最適化によるプラズモニクデバイスの設計に関する検討
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王 威龍, 李 聖博, 辻 寧英, 張 沢君
2. 発表標題 楕円空孔格子コア単一偏波光ファイバの設計
3. 学会等名 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稗田 直哉, 井口 亜希人, 辻 寧英, 柏 達也
2. 発表標題 LSE モードを利用した NRD ガイド素子のトポロジー最適設計
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本 佳太, 井口 亜希人, 辻 寧英
2. 発表標題 伝搬演算子を用いた光導波路の有限要素法解析
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>波動エレクトロニクス研究室 https://u.muroran-it.ac.jp/yt-lab/ 室蘭工業大学研究者データベース https://rdsoran.muroran-it.ac.jp/html/100000213_ja.html Google Scholar Citations https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=WROV2-UAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate ResearchGate https://www.researchgate.net/profile/Yasuhide-Tsuji Publons https://publons.com/researcher/1432415/yasuhide-tsuji/</p>

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