

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00757

研究課題名（和文）近赤外センシング用1.0 μ m帯モノリシック半導体光集積回路の開発

研究課題名（英文）Development of 1.0 micron-band monolithic semiconductor photonics integrated circuits for near-infrared sensing

研究代表者

中野 義昭（Nakano, Yoshiaki）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：50183885

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、1 μ m波長帯センシング用モノリシック半導体大規模光集積回路を世界に先駆けて創製することを目的とした。まずGaAs基板上に、アルミフリー混晶の多層構造によって、1 μ m帯フェーズドアレイ光集積回路を作製することに関し、動作特性シミュレーションを重ねた後、素子構造の設計を行い、実際に素子を試作して所期の成果を得た。また1 μ m帯半導体光増幅器の設計と特性シミュレーション、ならびに飛行時間LIDARシステム応用に向けたパルス電流駆動に関し研究を行った。さらに2次元出射器を集積化したフェーズドアレイ光回路を試作し、集積光位相モニタにより位相誤差を精度良くキャリブレーションできることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光集積回路（光IC）は光通信技術を支えるキーデバイスとして飛躍的な進歩を遂げてきた。現在、光ICに対する新たな需要がセンシング分野において生まれている。LIDAR（ライダー）や医療診断デバイスなどの近赤外イメージング素子の高速化、小型化、低コスト化を同時に実現するデバイスとして、光ICが求められている。この用途では、0.9～1.1 μ mの波長域で動作することが求められるが、現在実用化している通信用光ICは、1.1 μ m以下に直接適用することが出来ない。本研究の実施により、1 μ m帯の大規模光ICを実現する基盤が形成されたことは、センシング学術およびセンサー産業に与える学術的、社会的意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to realize, for the first time in the world, large scale monolithic photonic integrated circuits (PICs) for 1 μ m wavelength band sensing. In order to develop 1 μ m band phased array PICs, we conducted device simulation, designing of device structures, fabrication, and characterization. We also conducted design and device simulation of 1 μ m band semiconductor optical amplifiers, and studied their pulsed current driving for the time-of-flight LIDAR system applications. Phased array PICs with integrated two-dimensional optical couplers were also fabricated where precise calibration of the phase errors was shown to be possible by utilizing on-chip optical phase monitors.

研究分野：光電子デバイス工学

キーワード：光センシング InGaAsP GaAs イメージング 高速

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

半導体チップ上に多数の光素子を高密度に搭載した光集積回路(光 IC)は、近年の光通信技術を支えるキーデバイスとして飛躍的な進歩を遂げてきた。通信需要の爆発的な増大と半導体微細加工技術の発展に牽引され、現在では、数百もの光素子をワンチップに搭載した光 IC が実用化している。一方、IoT 時代の到来に伴い、光 IC に対する新たな需要がセンシング分野において生まれている。なかでも、LIDAR (ライダー) や医療診断デバイスなどの近赤外イメージング素子の高速化、小型化、低コスト化を同時に実現する技術として、機械式ミラーを用いずに高速なビームスキャンを可能にする光集積回路への期待は大きい。

1.55 μm もしくは 1.31 μm 波長帯が使用される光通信と異なり、これらの近赤外センシング用途では、受光感度や空間分解能の観点から、より短波の 0.9~1.1 μm の波長域(以後、1.0 μm 帯と呼ぶ)が広く用いられる。例えば、自動運転車や自律ロボットへの搭載が期待される LIDAR では、安価なレーザと受光器が使用でき、ノイズ要因となる背景太陽光のスペクトル強度が低い 0.94 μm が使用されている。また、バイオイメージングや光干渉断層撮影(OCT)では、水による光吸収が少ない 1.06 μm が広く用いられる。しかしながら、現在実用化している通信用光 IC は、インジウム燐(InP) やシリコン(Si) 基板上に作製されるため、光吸収が増大する 1.1 μm 以下の短波長帯に直接適用することは出来ない。1.0 μm 帯センシングに応用するには、よりバンドギャップが大きなガリウムヒ素(GaAs) 基板を用いる必要がある。

一方 GaAs 系光素子は、歴史的には InP 系光素子より長い歴史を有し、現在、単体のレーザや変調器としては広く用いられている。その一方で、多数の光素子をモノリシックに集積した GaAs 系光 IC の研究開発は、小規模なものが限定的に報告されているのみで、100 素子以上の大規模集積は未だ実現していない。その主たる要因は、GaAs 系光素子で GaAs と組み合わせて一般に用いられるアルミニウムヒ素(AlAs) が非常に酸化され易いため、光 IC の大規模化を進める上で必須となるドライエッチング、再成長等の加工プロセス技術を適用する際の障害となる点にある。

2. 研究の目的

本研究では、応募者がこれまでに培ってきた InP/Si 系大規模光 IC 技術に依拠し、よりバンドギャップが大きな GaAs 基板を用いることで、1.0 μm 波長帯センシング用モノリシック半導体大規模光 IC を世界に先駆けて創製する基盤形成を目的とする。入力光を 100 本以上の導波路に分岐し、GaAs 基板上に高密度に集積した光位相制御器と光増幅器によって複素光電界を制御して出力することで、任意の光波面が合成される。半導体中の高速なキャリア効果を介してナノ秒オーダーの切り替えが可能になり、機械式ミラーや液晶型バルク光変調素子を利用した既存技術に比べて 5 桁以上の高速化が達成される。同時に、ワンチップ集積によるデバイス全体の小型化、省電力化、低コスト化が実現する。

3. 研究の方法

(1) まず、酸化され易い Al を用いず、Ga, In, As, P からなる 3 元ないし 4 元混晶により所望のバンドギャップを持つ層を GaAs 基板上に積層することで劣化要因を排除する。その結果、ドライエッチングプロセスによる高密度光導波路が形成でき、また再成長による能動素子と受動素子の集積化も容易になり、大規模な光 IC の作製が可能になる。この場合、1.0 μm 以上の波長の光を増幅するには、バンドギャップ(E_g) を 1.2 eV 以下に調整する必要があるが、 $E_g < 1.2$ eV の InGaAs 混晶は、GaAs との格子不整合が大きく、欠陥のない結晶を成長することは不可能である。この問題に対して、高品位完全歪み補償 InGaAs/GaAsP 多重量子井戸(MQW)結晶成長技術を適用する。すなわち、圧縮歪み InGaAs 井戸層と伸長歪み GaAsP バリア層を交互に積層し、累積歪みを精密に相殺消去することで、1.2 eV 以下の所望のバンドギャップを実現する。

(2) 光の位相は、光導波路の僅かな作製誤差によって敏感に変化するが、その感度は波長に反比例するため、1.0 μm 帯ではこの問題が顕著になると予想される。これに対して本研究では、機械学習アルゴリズムと高速制御回路により無数の導波路の光位相誤差を自動的に較正する手法を取る。事前に行った任意光ユニタリ変換光 IC の開発では、光位相制御器の調整を行うにあたって、高速なフィードバック系と制御回路を独自に開発し、simulated annealing 法を実装することで自律的に最適化することに成功した。本研究では、新たに機械学習アルゴリズムを導入することで効率化を行い、光位相誤差を自動的に補償する。

(3) LIDAR や OCT 用途では、実用上、1 次元当たり 100 以上の画素数が必要となる。従って、この分解能で任意の 2 次元光波面を合成するには、単純計算で $100^2 = 10,000$ 個以上の導波路を集積し、2 次元アレイ状に射出させる必要があるが、容易ではない。この難題を解決するために、本研究では 2 つの手法を採用する。第一に、2 次元アレイを特定の非周期配置にすることで、

100 個の導波路のみで実質的に 100×100 の 2 次元分解能を達成する. 第二に, 外付けの 3 次元光回路を用いて, 1 次元アレイ出力を 2 次元アレイに変換する. 本研究では, この新技術を活用することで, GaAs 上に複雑な垂直出射部を集積することなく, 簡単かつ低損失に大規模な 2 次元光波合成を実現せんとする.

4. 研究成果

- (1) GaAs 基板に, アルミフリー混晶の多層構造によって, $1 \mu\text{m}$ 帯フェーズドアレイ光集積回路を作製することに関し, 動作特性シミュレーションを重ねた後, 素子構造の設計を行い, 有機金属気相エピタキシャル成長, および誘導結合プラズマ反応生イオンエッチングを適用して素子試作を行って, 所期の成果を得た.

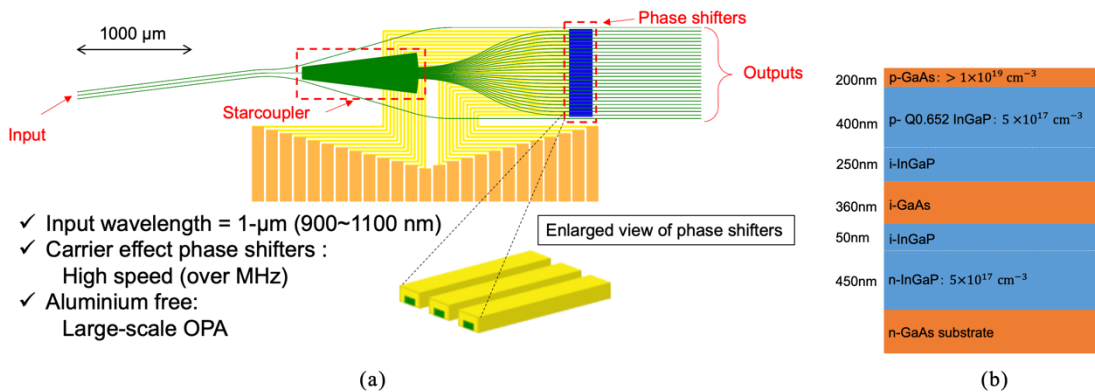


図 1. GaAs/InGaP $1 \mu\text{m}$ 帯フェーズドアレイ光集積回路の素子構造(a)とエピタキシャル層構造(b)

- (2) フェーズドアレイ光回路に集積化する $1 \mu\text{m}$ 帯アルミフリー混晶量子井戸による半導体光増幅器 (SOA) の設計と特性シミュレーションを行い, アルミフリー混晶によっても $1 \mu\text{m}$ 帯で十分高い光利得が得られることを明らかにした. 次に, 飛行時間 LIDAR システムに向けて, フェーズドアレイ光回路集積 SOA のパルス電流駆動に関し研究を行い, 直流駆動に比較して, 格段の検出可能距離の拡大と低消費電力化が図られることを明らかにした.

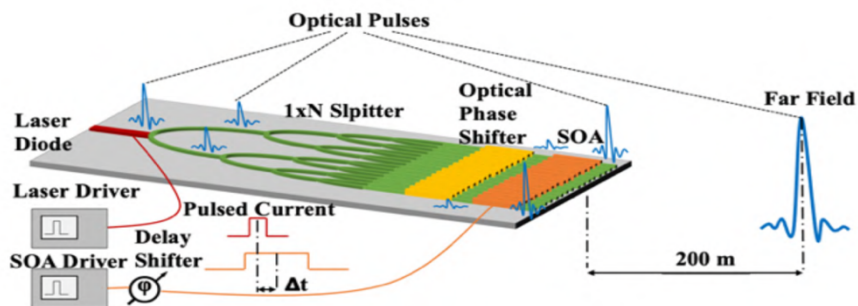


図 2. パルス電流駆動 SOA を集積化したフェーズドアレイ光集積回路による飛行時間 LIDAR システム

- (3) 出射ビームの 2 次元アレイ化のため, グレーティングカプラを集積化したフェーズドアレイ光回路を試作した. また同回路上に光位相モニター回路をモノリシックに集積化し, 2 次元の出射ビームの観測と照らし合わせることで, フェーズドアレイ光回路の位相誤差を精度良くキャリブレーションできることを初めて実証した.

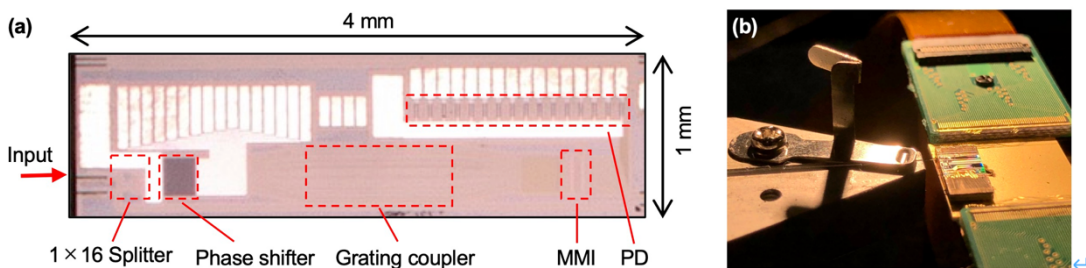


図 3. 2 次元出射器と光位相モニターを集積化したフェーズドアレイ光回路のチップ写真(a)と実装後写真(b)

これら, 成果の詳細に関しては, 次頁以降にリストする公表文献を参照されたい.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Rui Tang, Ryota Tanomura, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 8
2. 論文標題 Ten-port unitary optical processor on a silicon photonic chip	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 2074-2080
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsp Photonics.1c00419	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 Samar Emara, Taichiro Fukui, Kento Komatsu, Yusuke Kohno, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 60
2. 論文標題 Optimization based on the condition number of the speckle patterns in single-pixel imaging using optical phased arrays	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 072006-1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ac0cb9	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 Samar Emara, Taichiro Fukui, Kento Komatsu, Yusuke Kohno, Rui Tang, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 13
2. 論文標題 Single-pixel imaging using carrier-depletion optical phased array with reduced phase shift requirement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Journal	6. 最初と最後の頁 6600105-1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JPHOT.2021.3113925	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 Kento Komatsu, Yusuke Kohno, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura	4. 巻 33
2. 論文標題 Large-scale monolithic InP-based optical phased array	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Technology Letters	6. 最初と最後の頁 1123-1126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LPT.2021.3107277	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 Taichiro Fukui, Ryota Tanomura, Kento Komatsu, Daiji Yamashita, Shun Takahashi, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura	4. 巻 8
2. 論文標題 Non-redundant optical phased array	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 1350-1358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTICA.437453	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 Ryota Tanomura, Rui Tang, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 29
2. 論文標題 Integrated InP optical unitary converter with compact half-integer multimode interferometers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 43414-43420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.443227	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 Maiko Ito, Taichiro Fukui, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 30
2. 論文標題 Compact symmetric polarization rotator-splitter on InP	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 4179-4188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.445358	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 Ryota Tanomura, Rui Tang, Takahiro Suganuma, Kosuke Okawa, Eisaku Kato, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 28
2. 論文標題 Monolithic InP optical unitary converter based on multi-plane light conversion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 25392-25399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.399366	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 Taichiro Fukui, Yusuke Kohno, Rui Tang, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura	4. 巻 39
2. 論文標題 Single-pixel imaging using multimode fiber and silicon photonic phased array	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology	6. 最初と最後の頁 839-844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JLT.2020.3008968	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 Maiko Ito, Kosuke Okawa, Takahiro Suganuma, Taichiro Fukui, Eisaku Kato, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano	4. 巻 29
2. 論文標題 Efficient InGaAsP MQW-based polarization controller without active-passive integration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 10538-10545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.414387	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 Peng Zhou, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura	4. 巻 59
2. 論文標題 Design of InGaAsP phase modulator with asymmetrically coupled quantum wells for efficient polarization modulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 082004-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/aba3f7	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46件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Ryota Tanomura, Abdulaziz E. Elfiqi, Dawei Yu, Warakorn Yanwachirakul, Haifeng Shao, Yuto Suzuki, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Mode-evolution-based InP/InGaAsP polarization rotator with etching-stop layer
3. 学会等名 Optical Networking and Communication Conference & Exhibition (OFC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Samar Emara, Taichiro Fukui, Kento Komatsu, Yusuke Kohno, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Effect of limited phase shift on single-pixel imaging using carrier-depletion silicon photonic phased array
3. 学会等名 OSA Imaging and Applied Optics Congress, Topical Meeting on Computational Optical Sensing and Imaging (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Tanomura, Rui Tang, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Robustness analysis of generalized optical unitary converter
3. 学会等名 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maiko Ito, Taichiro Fukui, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Mode-evolution-based symmetrical polarization splitter-rotator on monolithic InP platform
3. 学会等名 47th European Conference on Optical Communication (ECOC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rui Tang, Ryota Tanomura, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Demonstration of 10-port integrated optical unitary converter
3. 学会等名 International Conference on Photonics in Switching and Computing (PSC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kento Komatsu, Yusuke Kohno, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura
2. 発表標題 Monolithic InP 100-port optical phased array
3. 学会等名 Frontiers in Optics and Laser Science 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuo Tanemura, Rui Tang, Ryota Tanomura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Photonic integrated unitary processor based on multi-plane light conversion
3. 学会等名 Optical Networking and Communication Conference & Exhibition (OFC 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田之村亮汰, 唐睿, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 非等分配型多モード干渉カブラによる小型InP光ユニタリ変換器の実証
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 唐睿, 田之村亮汰, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 10ポート光集積ユニタリ変換器の実証
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 高橋俊, 福井太一郎, 田之村亮汰, 田口富隆, 小関泰之, 中野義昭, 種村拓夫
2. 発表標題 位相モニタ集積光フェーズドアレイ素子の検証
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 福井太一郎, 田之村亮汰, 小松憲人, 山下大之, 高橋俊, 中野義昭, 種村拓夫
2. 発表標題 非冗長光フェーズドアレイによる超高分解能光偏向: 提案と実証
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 宮野広基, 相馬豪, 福井太一郎, 野本佳朗, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 薄膜二オプ酸リチウム基板を用いたプラズモニック垂直入射光変調器の提案
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 鈴木優斗, 田之村亮太, Abdulaziz E. Elfiqi, Dawei Yu, Warakorn Yanwachirakul, Haifeng Shao, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 モード発展型InP/InGaAsP偏波回転器の実証
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 鈴木優斗, エルフィキ アブドラジズ, 福井太郎, 伊藤まいこ, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 厚膜シリコンフォトニクス偏波回転分離器の提案と解析
3. 学会等名 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小松憲人, 河野佑亮, 中野義昭, 種村拓夫
2. 発表標題 InP大規模光フェーズドアレイの実証
3. 学会等名 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liu Qinpei, Kento Komatsu, Taichiro Fukui, Takuo Tanemura, Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Optical phased array with pulse-driven SOAs for time-of-flight LiDAR system
3. 学会等名 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福井太郎, 田之村亮汰, 小松憲人, 山下大之, 高橋俊, 中野義昭, 種村拓夫
2. 発表標題 非冗長光フェーズドアレイによる高分解能光掃引
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田之村亮汰, 唐睿, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 半整数多モード干渉カブラによる小型集積 InP 光ユニタリ変換器
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田之村亮汰, 水上慧吾, 唐睿, 相馬豪, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 多面光波変換法によるロバストな集積光ニューラルネットワークの検討
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taichiro Fukui, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura
2. 発表標題 Resolution enhancement of optical-phased-array-based single-pixel imaging by using a multimode fiber
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryota Tanomura, Rui Tang, Takuo Tanemura, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Scalability of universal nanophotonic processing circuits based on multi-plane light conversion
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuo Tanemura, Taichiro Fukui, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Single-pixel speckle imaging using integrated optical phased array
3. 学会等名 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Photonic integrated circuits for smart processing
3. 学会等名 4th International Conference on Optoelectronic and Microelectronic Technology and Application (OMTA 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuo Tanemura, Taichiro Fukui, Kento Komatsu, Yusuke Kohno, and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Single-pixel imaging using optical phased array chip
3. 学会等名 Asia Communications and Photonics Conference (ACP 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakano and Takuo Tanemura
2. 発表標題 InP and Si photonic integrated circuits for smart imaging and computing
3. 学会等名 SPIE OPTO "Smart Photonic and Optoelectronic Integrated Circuits XXIII" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中野義昭
2. 発表標題 化合物半導体集積フォトニクス - これまでとこれから
3. 学会等名 IEICE Electronics Society Photonic Device Workshop 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤まいこ, 大川幸祐, 菅沼貴博, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 再成長フリー-InP量子井戸偏波制御素子の試作・実証(受賞記念講演)
3. 学会等名 IEICE Electronics Society Photonic Device Workshop 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋里穂子, ヤンワチラクン ワラーコン, 加藤豪作, 田之村亮汰, 福井太郎, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 1 μ m帯イメージングに向けたGaAs/InGaP光集積フェーズドアレイ素子の設計
3. 学会等名 電子情報通信学会光エレクトロニクス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 種村拓夫, 福井太郎, 河野佑亮, 小松憲人, 中野義昭
2. 発表標題 光集積フェーズドアレイによる単一ピクセルイメージング
3. 学会等名 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田之村亮汰, 唐睿, 種村拓夫, 中野義昭
2. 発表標題 全結合型光干渉計によるロバストな光ユニタリ変換器の検討
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 Theophile Mascia and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 Design and simulation of 1 μ m Al-free quantum-well SOA
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 梅崎敏和, 小松憲人, 福井太郎, 中野義昭, 種村拓夫
2. 発表標題 単一ピクセルイメージングに適した高効率駆動型光集積フェーズドアレイ素子の解析
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 福井太郎, 中野義昭, 種村拓夫
2. 発表標題 多モードファイバと光フェーズドアレイを用いた単一ピクセルイメージングの分解能限界
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 Taichiro Fukui
2. 発表標題 Single-pixel imaging through multimode fiber using silicon optical phased array chip
3. 学会等名 Optical Networking and Communication Conference & Exhibition (OFC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taichiro Fukui
2. 発表標題 Resolution enhancement of optical-phased-array-based single-pixel imaging by using a multimode fiber
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuo Tanemura
2. 発表標題 Single-pixel speckle imaging using integrated optical phased array
3. 学会等名 2020 IEEE Photonics Society Summer Topical Meeting Series (SUM) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shota Onoduka
2. 発表標題 Design of semiconductor optical amplifier for high power optical phased array
3. 学会等名 IEICE Photonic Device Workshop 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taichiro Fukui
2. 発表標題 Resolution analysis of imaging method using multimode fiber and optical phased array
3. 学会等名 IEICE Photonic Device Workshop 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Samar Emara
2. 発表標題 Effect of limited phase shift on single-pixel imaging using optical phased array
3. 学会等名 IEICE Photonic Device Workshop 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuo Tanemura
2. 発表標題 Single-pixel imaging using integrated optical phased arrays
3. 学会等名 IEICE Photonic Device Workshop 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福井太郎
2. 発表標題 多モードファイバと光フェーズドアレイを用いた単一ピクセルイメージングの実証
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野義昭
2. 発表標題 化合物半導体集積光デバイス・回路のこれまでとこれから
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 種村拓夫
2. 発表標題 光集積フェーズドアレイによる単一ピクセルイメージング
3. 学会等名 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shun Takahashi, Taichiro Fukui, Ryota Tanomura, Yoshitaka Taguchi, Yasuyuki Ozeki, Yoshiaki Nakano, and Takuo Tanemura
2. 発表標題 Characterization of silicon optical phased array with on-chip phase monitors
3. 学会等名 27th Optoelectronics and Communications Conference/International Conference on Photonics in Switching and Computing 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 (Plenary) Semiconductor photonics devices for new paradigms in networking, sensing, and computing
3. 学会等名 27th Optoelectronics and Communications Conference/International Conference on Photonics in Switching and Computing 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chensheng Wu, Kento Komatsu, Rihoko Tsuchiya, Takuo Tanemura and Yoshiaki Nakano
2. 発表標題 AI-free GaAs optical phased array for near-infrared sensing
3. 学会等名 Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO-PR) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>中野・種村研究室ホームページ http://www.ee.t.u-tokyo.ac.jp/~nakano/lab/</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
研究分担者	種村 拓夫 (Tanemura Takuo) (90447425)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	
研究分担者	杉山 正和 (Sugiyama Masakazu) (90323534)	東京大学・先端科学技術研究センター・教授 (12601)	

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