

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04410

研究課題名(和文) 光増幅帰還回路を有する高分解能光検出器の研究

研究課題名(英文) Study on a photodetector using optically-amplified feedback circuit with high optical power resolutions

研究代表者

増田 浩次(MASUDA, Hiroji)

島根大学・学術研究院理工学系・教授

研究者番号：60583127

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：光計測分野応用に関し、光検出器の光パワー分解能(OPR)の顕著な向上(改善指数をIFとする)を可能とする光増幅帰還回路(OAFC)方式(OAFD)を、具体的に提案し、その特性・性能を、実験及び理論により明らかにしている。IFとして、約100までのOPR向上が可能であり、OAFC内の利得媒質の温度制御を施したOAFCでは、内部過剰雑音の影響なしに、OAFDとして、約0.1mdB(mdB: milli dB)オーダのOPRを達成している。研究期間内に、ジャーナル論文2件、査読付き国大会議論文3件、国内学会発表33件、トータルで38件の論文・発表の成果を達成している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光計測分野において、光検出器は最も基本的な測定器の一つであり、光パワー測定における高分解能化、すなわち、光パワー変動における高感度化は、重要な研究課題である。本提案の光増幅帰還回路OAFCを用いた光増幅帰還型光検出器OAFDにより、レーザー光源出力パワーの微小変動、各種光部品の損失・利得、歪などの微小変動を極めて高い光パワー分解能(従来技術の10～100倍以上、分解能の数値としては10～100分の1以下)で測定可能であることを実証している。本提案OAFDは、新原理「高スロープの非線形領域動作」に基づいて動作する光検出器であり、関連する学術及び技術分野に対して、大きな寄与と波及効果を有する。

研究成果の概要(英文)：We have proposed a novel technique called “OAFD” that can significantly improve the optical power resolution (OPR) of a photodetector using an optically amplified feedback circuit (ASEFC) in the optical sensing research/application area. The improvement factor is denoted as IF. We also clarified experimentally and theoretically the characteristics and performance of the proposed technique so that IFs of the order of approximately 100 were achieved. When we constructed a temperature controlled OAFC in which the temperature of the gain medium used was kept constant, there was no influence of the intrinsic internal noise to the OPR, and we successfully achieved an OPR of the order of 0.1 mdB (mdB: milli dB) for our proposed OAFD. In the period of study of four years, we have achieved two journal papers accepted, three international conference papers with review, and 38 proceeding papers of domestic conferences.

研究分野：光計測

キーワード：光ファイバセンシング 増幅自然放出光 非線形

1. 研究開始当初の背景

光計測分野の光パワー測定における光パワー分解能（OPR）の高分解能化は、基本的かつ重要な研究課題である。光検出器（光検出素子及び装置）として、フォトダイオード（PD）は、光通信などの応用分野における近赤外及び可視光域の高速・高感度な光検出器として広く用いられている。PDを用いた光検出器として、光パワーメータを挙げることができる。従来技術の光検出器における光パワー分解能の値は、PDなどの光電変換デバイスを有する光電気回路の特性によって制限されており、その典型値は約 0.01dB である。制限要因としては、偏波依存性及び干渉雑音などが挙げられる。

2. 研究の目的

光パワー測定における高分解能化、すなわち、光パワー変動における高感度化は、重要な研究課題である。本提案の光増幅帰還回路 OAFIC を用いた光増幅帰還型光検出器 OAFD により、レーザ光源出力パワーの微小変動、各種光部品の損失・利得、歪などの微小変動を極めて高い光パワー分解能（従来技術の 10～100 倍以上）で測定可能であることを目的としている。また、光増幅帰還回路（OAFIC）方式（OAFD）の基本構成及び実験構成を、具体的に提案し、その特性・性能を、実験及び理論により明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、主に、光増幅帰還回路 OAFIC の入出力特性の明確化及び設計技術の確立を行う。また、OAFIC を有する光増幅帰還型光検出器である OAFD の総合性能評価を行う。構成要素の各種光部品を購入して OAFIC を自作することにより、効率的かつ迅速な実験検討を行う。さらに、OAFD の応用技術検討として、光パワー変動の精密測定手法に応用することにより、本提案 OAFD の有効性の検証を行う。

4. 研究成果

平成 30 年 11 月に提出した研究計画調書に記載した検討項目に関し、以下の項目について、ほぼ目標を達成している。それらの項目は、利得媒質が EDF の場合の実験及び理論検討、及び OAFD の総合性能評価である。具体的には、以下の 4 項目である。(1) 入出力特性の実験検討。光パワー分解能の改善度指数であるスロープ S の時間変動特性、環境（温度及び振動）依存性の明確化。部分的に成長した縦モード間の干渉雑音及び偏波モード間の干渉雑音の実験評価。(2) OAFIC の単一モードファイバの光帰還経路中に偏光子を設置して、疑似的な単一偏波動作条件とした場合の特性評価。(3) EDF を有する OAFIC の入出力特性のシミュレーション。スロープ S の OAFIC パラメータ依存性の明確化及び設計技術の確立。(4) スロープ S と上記干渉雑音とのトレードオフ関係、及び入力光パワーの最適動作点の明確化。上記の検討結果は、2 件の学術誌掲載 [1], [2]、及び査読を有する 3 件の国際会議論文 [3], [4], [5]などで報告している。

また、OAFIC 方式（2019 年以降、ASEFC 方式と呼んでいる）の検討を進める過程で、帰還ループを有しない光回路である ASEIC において、ASEFC と同様に、入出力パワーの関係に、非線形性が現れることを発見した。このことは、電子情報通信学会の OFT 研究会報告で報告している [6]。また、多点センシングシステムに関する検討では、理論検討を行い、今後の課題を明らかにしている [7]。さらに、利得媒質がレーザダイオードの場合に関しては、基本特性確認実験を行い、偏波依存の過剰雑音・時間変動特性が今後の課題であることを明らかにしている。OAFIC 方式（ASEFC 方式）の応用技術検討としては、光ファイバの曲げを利用したひずみセンサを作成し、ひずみと損失変動の関係を調べ、約 $30\mu\text{m}$ のひずみに対してほとんど変化しない場合（変動量が 0.01dB 以下）について、ASEFC を用いて変化を拡大して測定した結果、3dB 程度の損失変化量が確認している [8]。本段落の上記の検討は、2022 年度から開始している科研費 (22K04140 「増幅自然放出光帰還回路を用いた高性能光ファイバセンシング方式」) の検討項目の一部として、今後、さらに検討を進める予定である。

以下に、主な検討結果を具体的に示す。我々が提案している増幅自然放出光を用いた非線形回路方式に関する実験結果を報告した [6]。その増幅自然放出光非線形回路方式として、増幅自然放出光回路方式 (ASEIC) および増幅自然放出光帰還回路方式 (ASEFC) を検討した。ASEFC 方式では、光パワー分解能 (OPR) 改善の指数 (IF) として 120 が得られ、その時の出力光の線幅は約 7.8 GHz であった。一方、構成がよりシンプルな ASEIC 方式では、IF として 9.8 が得られた。

図 1 に、上記の「増幅自然放出光非線形回路方式」の実験系を模式的に示す。図 1(a) がシステム構成、1(b) が ASEFC の構成である。ASEIC に関する実験は、図 1(b) の実験構成を兼用して実施している。図 1(a) のシステム構成は、測定装置区間 (Measurement Terminal Section) とセンシング区間 (Sensing Section) からなる。測定装置区間、励起光源として平均波長が 1472.0 nm の偏波多重の励起光源 (2 つの Fabry-Perot レーザダイオードを有する)、および ASEFC を有する受信測定システムを有する。ASEFC の入力段には、可変光減衰器 (VOA) を設置し、ASEFC

への入力パワー P_{in} を、所望の値に調整している。 P_{in} は、ファイバコネクタ (FC_{in}) を介して市販のパワーメータのセンサヘッド (AQ2735) で測定している。出力光パワー P_{out} も同様にして、ファイバコネクタ (FC_{out}) を介してもう1台のセンサヘッド (AQ2735) で測定している。また、ASEFCからの出力光のスペクトルを、光スペアナ (OSA) で測定している。一方、センシング区間は、DUTとしての固定光減衰器 (ATT) と、上り下りの光ファイバコード (SMF_{up}およびSMF_{down}) を有する。

図1(b)に示したASEFCは、利得媒質としてのEDF、その両側に配置した波長選択型の合波器 (WSC-FおよびWSC-B)、光アイソレータ (ISO_{in}およびISO_{out})、光狭帯域フィルタ (OBPF: Optical Bandpass Filter)、偏波コントローラ (PC)、ループ損失調整用のVOAを有する。図のファイバリング内の周回光は、3 dB コネクタを介して、ASEFCから出力される。OBPFの中心波長 (λ_c) および透過帯域幅は、それぞれ、1558.0 nm および 0.88 nm であった。EDFは、自作の温度制御モジュール (T-Control Module) 内に設置し、温度を 23.0°C に一定制御した。

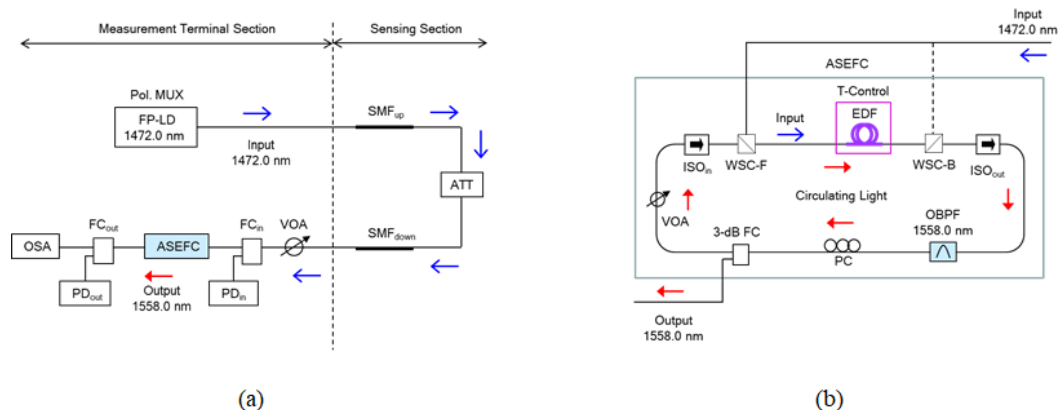


図1 実験系の模式図。(a) システム構成、(b) ASEFC の構成

以下に、増幅自然放出光回路 ASEC および増幅自然放出光回路 ASEFC に関する実験結果を示す。

増幅自然放出光方式

図2(a)に、ASECの出力光の光パワースペクトルを示す。前方向励起の場合、すなわち、図1(b)において、入力励起光を合波器 WSC-F を介して、EDF に入力した場合である。図1(b)の VOA の設定値 L_{VOA-FC} を、0 から 4 dB まで、0.5 dB 刻みで変化させた場合の光パワースペクトル ($P_{out}(\lambda)$) である。光狭帯域フィルタ OBPF を外した場合のスペクトルである。 $P_{out}(\lambda)$ は、図1(a)の光スペアナ OSA で測定しているが、図2(a)に示した値は、OBPFの入力段、EDF後段の光アイソレータ (ISO_{out}) の出力段における換算値を示している。

図2(a)のスペクトルから、ASECの入出力特性は、ASEの波長に依存していることがわかる。また、図2(a)のスペクトル特性の解析結果から、波長 1532.5 nm における入出力特性のスロープ S が最大であることがわかった。このことを踏まえて、次の4つの典型的な波長、1532.5, 1540, 1550, 1558 nm における入出力特性を測定した。この時、図1(b)に示したように、OBPFをISO_{out}の出力段に設置している。上記の出力光の波長 (λ_{out}) は、ほぼ OBPF の透過中心波長 λ_c に一致している。

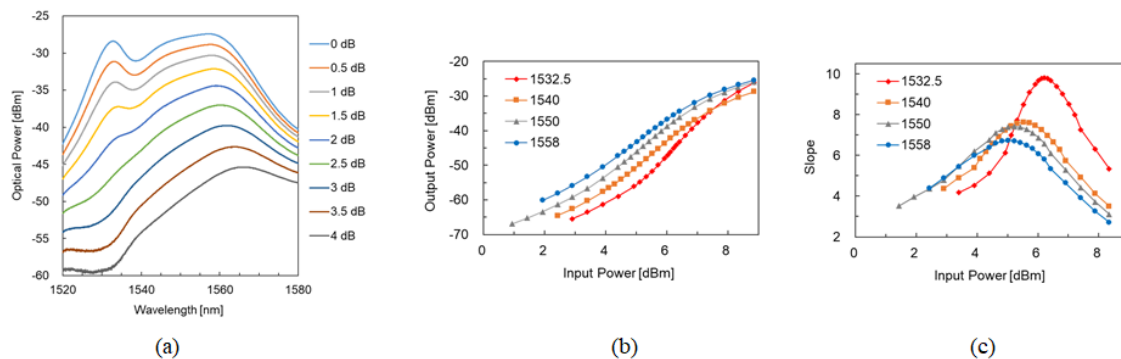


図2 ASEC の特性。(a) 出力光スペクトル、(b) 入出力特性、(c) スロープ特性

測定結果を、図2(b)および2(c)に示す。図2(b)が入出力特性、2(c)がスロープ特性である。図2(a)より、 P_{in} が小さい領域から、 S は P_{in} とともに増加し、ピークを示した後、減少に転じる形状を有することがわかる。 S の最大値 (S_{max}) を与える P_{in} および P_{out} を、それぞれ P_{in-c} および

P_{out-c} とする。 λ_{out} が、1532.5, 1540, 1550, 1558 nm の場合における (P_{in-c} [dBm], P_{out-c} [dBm], S_{max}) は、それぞれ、(6.22, -41.6, 9.8)、(5.52, -43.17, 7.6)、(5.22, -41.01, 7.4)、(5.02, -39.69, 6.7)、である。 $\lambda_{out}=1532.5$ nm における $S_{max}=9.8$ が、上記の 4 つの波長において最大であることがわかる。

増幅自然放出光帰還回路方式

図 1(b) に示した ASEFC に関する実験結果を以下に示す。図 3(a) および 3(b) は、それぞれ出力光パワー P_{out} およびスロープ S の入力光パワー P_{in} 依存性を示す。プロット点は実験値、実線は計算値（後述）を示す。前述の ASEC の場合と同様に、最大スロープ S_{max} は 119.7 であった。

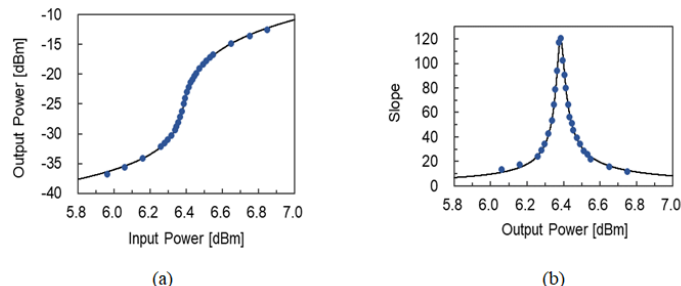


図 3 (a) 出力光パワーおよび (b) スロープの入力光パワー依存性

図 4(a) および 4(b) は、それぞれ P_{in} および S の P_{out} 依存性を示す。プロット点は実験値、実線は計算値を示す。計算値は、実験値に対するフィッティングカーブを用いて計算された値である。図 4(a) の実験値に対し、外側の 3 点ずつ、 P_{out} の小さい側と大きい側の計 6 点を除外した残りの測定データを用いたフィッティングを行った。

図 4(a) のプロット曲線形状を考慮して、 P_{in} を下記の P_{out} の多項式で近似する。ここで、 P_{in} を y 、 $P_{out} - P_{out-c}$ を x とする。

$$y = \sum_{k=0}^m c_k x^k, \quad x \equiv (P_{out} - P_{out-c}) \quad (1)$$

ただし、 m は多項式の次数、 c_k は係数である。 m の値を、3, 4, 5, 6 とし、カーブフィッティング特性を調べた。図 4(c) に、 $m=5$ の場合について、実験値と計算値（それぞれ $P_{in-meas}$, $P_{in-calc}$ とする）の差 ($\Delta P_{in} = P_{in-meas} - P_{in-calc}$) の P_{out} 依存性を示す。 ΔP_{in} の平均値および標準偏差 (σ) は、それぞれ -0.041 m dB および 0.31 m dB であった。図 4(c) に示された ΔP_{in} ばらつき具合から、十分に精度の良いフィッティングが得られていることがわかる。 m の値をさらに大きくする ($m=6$) と σ の値は、さらに小さくなるが、 ΔP_{in} が小さくなる P_{in} の範囲が狭くなることが確認された。上記の特性を踏まえて、今回の検討では、多項式の次数 m を 5 とした。図 7(a), (b) および図 6(a), (b) に示したように、実験値と計算値の良好な一致が確認できる。

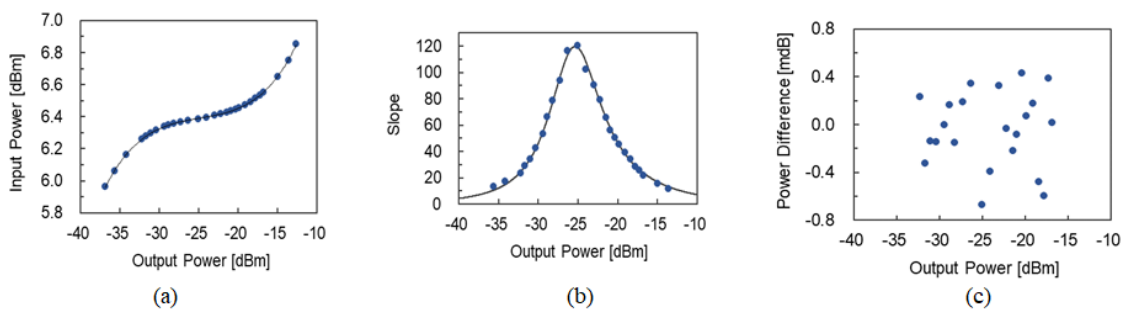


図 4 (a) 入力光パワー、(b) スロープ、および (c) 光パワー偏差の出力光パワー依存性

上述した提案方式の基本特性、有効性検証に加えて、光ファイバセンシングシステムにおける光部品の微小損失変動評価実験、および、光源の出力光パワーの微小変動モニタ特性の実験検証を実施した [1], [2]。その結果、光部品の微小損失変動および光源出力光パワーの微小変動測定における光パワー分解能 OPR として、従来技術の約 100 倍の向上、OPR の値として約 0.1 m dB が達成可能であることを確認した。さらに、提案方式を、遠隔の光ファイバ温度センシングシステムに適用し、その有効性および将来性を確認した [4], [5]。

[1] Masuda et al., ComEX, 2022, [2] Biswas et al., ComEX, 2023, [3] Masuda et al., OECC, 2019, [4] Masuda et al., MOC, 2021, [5] Masuda et al., OECC, 2022, [6] 増田 他, 信学技法, 2023 年 1 月, [7] Abrar et al., EXAT, 2023, [8] 荒畑 他, 信学技法, 2023 年 (EMD2022-28)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Masuda Hiroji, Biswas Biswajit, Islam MD Syful, Kitamura Kokoro	4. 巻 11
2. 論文標題 Amplified-spontaneous-emission feedback circuit scheme for optical measurement with improved optical power resolutions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 46 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2021XBL0189	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 Biswas Biswajit, Abrar MD Golam Barkatul, Tanaka Kunihiro, Harada Ryuga, Kitamura Kokoro, Masuda Hiroji	4. 巻 12
2. 論文標題 High-resolution and stable optical power measurement using a temperature controlled amplified-spontaneous-emission feedback circuit	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 230 ~ 235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2023XBL0014	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33件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hiroji Masuda, Biswajit Biswas
2. 発表標題 Highly Sensitive and Stable Temperature Sensing Method Using Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit
3. 学会等名 MOC 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増田 浩次
2. 発表標題 増幅自然放光帰還回路を用いた光ファイバセンシング方法の提案と理論検討
3. 学会等名 電子情報通信学会光ファイバ技術研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増田 浩次, 田中 邦浩
2. 発表標題 エルビウム添加ファイバからの増幅自然放出光を用いた光ファイバ 温度センシング方式の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会光ファイバ技術研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroji Masuda, Biswajit Biswas, Kunihiro Tanaka
2. 発表標題 Fiber-Optic Temperature Sensing Method Using an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit
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 Biswajit Biswas, Hiroji Masuda
2. 発表標題 Remote Temperature Sensing with an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit
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 Biswajit Biswas, Hiroji Masuda, Kunihiro Tanaka
2. 発表標題 Fiber-Optic Multipoint Temperature Sensing Scheme Using Amplified Spontaneous Emission of Erbium-Doped Fiber
3. 学会等名 2021 年度(第72 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 邦浩, 増田 浩次, ビスワス ビスワジット
2. 発表標題 エルビウム添加ファイバの増幅自然放出光を用いた 光ファイバ温度センシングの検討
3. 学会等名 2021 年度(第72 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中 邦浩, 増田 浩次
2. 発表標題 エルビウム添加ファイバからの増幅自然放出光を用いた 光ファイバ温度センシングの検討
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 H. Masuda, B. Biswas, MD S. Islam and K. Kitamura
2. 発表標題 Optical Loss Measurement Using an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit with High Improvements in Optical Power Resolution
3. 学会等名 IEICE Society Conference
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Masuda, B. Biswas, MD S. Islam and K. Kitamura
2. 発表標題 A Novel Optical Power Measurement Scheme Using an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit with High Improvements in Optical Power Resolution
3. 学会等名 IEICE Technical Report
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. Masuda and B. Biswas
2 . 発表標題 Theoretical Investigation on the Performance of an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit in Optical Power Measurement
3 . 学会等名 IEICE Technical Report
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Masuda
2 . 発表標題 Modeling the Performance of an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit
3 . 学会等名 IEICE General Conference
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 B. Biswas and H. Masuda
2 . 発表標題 Numerical Simulation on the Performance of an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit in Optical-Power Sensing Applications
3 . 学会等名 IEICE General Conference
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Masuda, K. Kitamura, MD S. Islam, and B. Biswas
2 . 発表標題 Optically amplified feedback circuit with high improvements in optical power resolution
3 . 学会等名 OECC/PSC 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Masuda and K. Kitamura
2. 発表標題 Optically amplified feedback-circuit scheme for optical measurement applications with significantly improved optical-power resolutions
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 B. Biswas, MD S. Islam, K. Kitamura, and H. Masuda
2. 発表標題 Output wavelength dependence of the performance of an optically amplified feedback circuit
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 MD S. Islam, B. Biswas, K. Kitamura, and H. Masuda
2. 発表標題 Loop loss dependence of the performance of an optically amplified feedback circuit
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 MD S. ISLAM, B. Biswas, H. Masuda, and K. Kitamura
2. 発表標題 Optimization of the loop loss of an optically amplified feedback circuit for optical power sensing systems
3. 学会等名 HISS 21st
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 B. Biswas, MD S. ISLAM, H. Masuda, and K. Kitamura
2. 発表標題 Optimization of the output wavelength of an optically amplified feedback circuit for a multi-wavelength optical sensing system
3. 学会等名 HISS 21st
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 MD S. ISLAM, H. Masuda, B. Biswas, and K. Kitamura
2. 発表標題 Numerical simulation on the loop-loss dependence of the performance of an optically amplified feedback circuit
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 B. Biswas, H. Masuda, MD S. ISLAM and K. Kitamura
2. 発表標題 Numerical simulation on wavelength characteristics of an optically amplified feedback circuit for multi-wavelength sensing applications
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木雄佑, 堀木泰之, 長瀬亮
2. 発表標題 光ファイバ端面反射による水溶液濃度測定の安定性
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前島寿紀, 青木雄佑, 長瀬亮
2. 発表標題 光ファイバによる水溶液濃度センシングに関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroji Masuda, Biswajit Biswas, and Kunihiro Tanaka
2. 発表標題 Fiber-Optic Temperature Sensing with High Resolution and Stability by Detecting Amplified Spontaneous Emission
3. 学会等名 OECC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒畑 圭諒, 脇 貴哉, 長瀬 亮
2. 発表標題 光ファイバを利用したひずみセンサの研究
3. 学会等名 電子情報通信学会EMD研究報告
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroji Masuda, Kunihiro Tanaka, Ryuga Harada, MD Golam Barkatul Abrar, and Biswajit Biswas
2. 発表標題 Design and Performance of an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit for Fiber-Optic Temperature Sensing
3. 学会等名 電子情報通信学会光ファイバ技術研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増田 浩次, Md Golam Barkatul Abrar, 田中 邦浩, 原田 瑠河
2. 発表標題 増幅自然放出光非線形回路方式のシステム構成法
3. 学会等名 電子情報通信学会光ファイバ技術研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中 邦浩, 増田 浩次, 原田 瑠河, Md Golam Barkatul Abrar
2. 発表標題 光ファイバ温度センシング応用における増幅自然放出光回路最適化
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 原田 瑠河, 増田 浩次, 田中 邦浩, Md Golam Barkatul Abrar
2. 発表標題 増幅自然放出光帰還回路を用いた高感度温度センシングの特性
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 MD Golam Barkatul Abrar, Hiroji Masuda, Kunihiro Tanaka, and Ryuga Harada
2. 発表標題 Wavelength-division-multiplexing characteristics of an amplified-spontaneous-emission circuit technique for multipoint sensing applications
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 田中 邦浩, Md Golam Barkatul Abrar, 原田 瑠河, 増田 浩次
2. 発表標題 増幅自然放出光回路を用いた高分解能光パワー測定
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 原田 瑠河, Md Golam Barkatul Abrar, 田中 邦浩, 増田 浩次
2. 発表標題 増幅自然放出光帰還回路の光パワースペクトル特性
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 MD Golam Barkatul Abrar, Kunihiro Tanaka, Ryuga Harada, Biswajit Biswas, and Hiroji Masuda
2. 発表標題 Parameter Dependence of the Performance of an Amplified-Spontaneous-Emission Feedback Circuit
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 光検出装置	発明者 増田浩次、北村心	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、6660977	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	長瀬 亮 (Ryo NAGASE) (40570685)	千葉工業大学・工学部・教授 (32503)	
研究分担者	北村 心 (Kokoro KITAMURA) (60549179)	島根大学・学術研究院理工学系・助教 (15201)	

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