

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02190

研究課題名（和文）大規模光通信システムのための磁性フォトニックデバイスの開拓

研究課題名（英文）Development of magneto-photonic devices for large-scale optical communication systems

研究代表者

庄司 雄哉（Shoji, Yuya）

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授

研究者番号：00447541

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、低損失な導波路型光アイソレータの実現と、磁気不揮発性を用いた自己保持型光スイッチの開発を並行して実施した。

では、モード進化に基づく不連続構造をもたないモード変換型光アイソレータやTE-TMモード変換器を結合部にもつリング共振器型光アイソレータを新たに提案し、デバイス作製と評価を行い、最小で4.3dBの低損失動作を達成した。

では、MZI型光スイッチにおける高消光比の自己保持光スイッチング動作を達成し、電極の高周波設計と静磁場印加による磁気光学スイッチの高速動作に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では当初目標をおおむね達成する低損失型光アイソレータと自己保持型光スイッチを実現することができた。今後は他素子と集積化して機能的な光回路を形成し、「大規模光通信システム」へ実用導入することで、光通信ネットワークの大容量化と低消費電力化に貢献する。

研究成果の概要（英文）：In this research, (1) low-loss waveguide optical isolator and (2) self-holding optical switch with magnetic non-volatility were developed.

(1) we proposed novel isolators with mode-evolution based adiabatic structure and with ring resonator of TE-TM mode converting coupling region. Minimum insertion loss of 4.3 dB was demonstrated.

(2) MZI-based self-holding switch with high extinction ratio was demonstrated. High-speed operation of magneto-optical switch with high-frequency designed electrode under applying static magnetic field.

研究分野：光エレクトロニクス

キーワード：光アイソレータ 光スイッチ 磁気光学効果

## 1. 研究開始当初の背景

光ファイバ通信システムは、半導体中のキャリア遷移や光学結晶中の電気光学効果を用いた超高速な光制御技術の研究開発によって大きな発展を遂げた。世界は光ファイバ網によって接続され、超高速・大容量通信ネットワークを構築してきた。しかし今、このネットワークシステムは大きな転換期を迎えている。クラウドサービスの発展により情報はデータセンターに集約され、そこから必要な情報をユーザ端末に伝達する通信が主体となった。通信機器メーカー大手のシスコからは、世界の通信トラフィックの7割以上がデータセンター内でやり取りされていると報告がある。データセンター内における多数の筐体間を多数の信号ケーブルで接続した通信システムでは、現状電子ルータを介したツリー構成となっているが、IP処理における伝送速度の限界と高い消費電力が大きな問題となっている。そこで、筐体間の信号伝送を光スイッチノードを介して光ファイバでネットワーク状に接続した「大規模光通信システム」によって、柔軟な通信経路の選択による大容量かつ低消費の信号伝送が期待されている。

それに伴い、伝送速度(ビットレート)の向上のみを重視してきた光デバイス開発への要求にも変化が起きている。一つは、光信号の送受信を担う光トランシーバの小型化、集積性・量産性向上の要求である。しかし、光トランシーバの高性能化に向けて必要不可欠な導波路型光アイソレータは世界的に未実現であり、大きなボトルネックになっている。光アイソレータは磁気光学効果を利用して光の一方方向伝搬を提供する光素子であり、レーザ光源の安定動作には不可欠である。従来、磁性体からなる光アイソレータは半導体素子との集積化が困難とされ、光トランシーバ開発においては高コストなバルク型光アイソレータを外付けするかレーザ光源自体の反射戻り光耐性を強化するなどが検討されてきた。しかし、伝送容量拡大に向けて反射戻り光対策が重要であり、光トランシーバチップ内に導波路型光アイソレータが集積できれば、伝送距離の向上や波長多重数の増加などの大幅な性能向上が可能となる。

もう一つの要求は、大規模光スイッチノードの実現である。従来の電子ルータでは高ビットレートの光信号を受光器で受信し電気的な信号処理を行うと大きな遅延と電力消費を伴う。そこで、光信号を光信号のまま経路を切り替える光スイッチが求められている。しかし、大規模な光スイッチではポート数の増加に伴って光スイッチ単体の消費電力が加算され、トータルの消費電力が指数的に増大する問題を抱えている。

これら二つの学術的な問い「実用に適う導波路型光アイソレータは実現できるのか」「低消費電力な光スイッチは実現できるのか」に対し、本研究では二つの新しい素子構造を持つ磁気光学デバイスによって抜本的な解を与え、大規模光通信システムに革新をもたらす。

## 2. 研究の目的

### ① 低損失な導波路型光アイソレータの実現

導波路型光アイソレータの実用化に向けて大きな障壁となっているのが、低損失化である。磁気光学材料を集積する際に、不要な光吸収や光散乱を伴うことが課題となっている。本研究では、近年提案した新構造を用いて低損失の導波路型光アイソレータの動作実証を目的とする。図1に、本研究で検討を行う光アイソレータ構造図を示す。TEモードの入力光に対してモード変換器でTEモードとTMモードを1:1に励振し、TMモードにのみ生じる非相反な磁気光学効果を利用する。出力側のモード変換器ではTEモードに再変換される際、非相反な位相変化により順方向は同位相、逆方向は逆位相に干渉することで光アイソレータ動作が得られる。本構造の最大の特徴は、TEモード光を入出力とすることで不要な光吸収や光散乱を抑制し、低損失が実現可能な点である。TEモードのSiコア層への光閉じ込め効率が高いことから、上クラッドとして接合した磁性材料の光吸収を最小限に低減できる。さらに、磁性材料の境界に生じる散乱損失が、

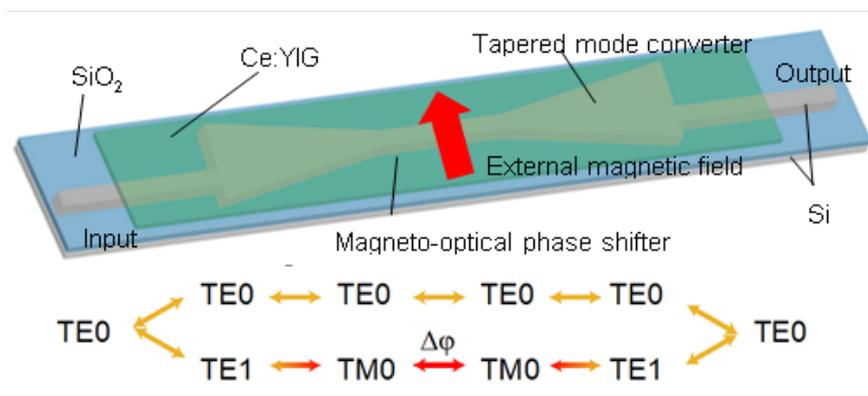


図1: TEモード入力光で動作する低損失な集積型光アイソレータの構造図(上)と素子中の伝搬モードの遷移(下)。2つの三角形導波路がモード変換器で中央の外部磁界印加(赤矢印)導波路が磁気光学移相器。

TMモードで動作する従来構造では 4 dB 以上発生していたところ、TEモードで境界を伝搬する新構造では 0.2 dB までの抑制が見込まれる。その結果、素子全体の挿入損失は従来構造で 14 dB 程度であったものが新構造では 3 dB まで低減可能というシミュレーション結果を得ている。

## ② 磁気不揮発性を用いた自己保持型光スイッチの開発

従来型の光スイッチは、熱光学効果もしくは半導体中のキャリア分散効果による屈折率変化を組み込んだ光回路によって出力ポートを選択する。これらの光スイッチではスイッチ状態を保持するために経常に電力を消費するため、素子数  $N$  の増加に対して消費電力が  $N^2$  で指数的に増大する。ネットワーク内の光信号は比較的長尺なデータ列の光パケットとして処理すればよいため、スイッチ状態保持のための電力は無駄が多い。本研究では、磁気不揮発性を利用することにより超低消費電力駆動が可能な自己保持型光スイッチの実現を目的とする。スイッチング頻度を 1000 回/秒と想定した場合の消費電力は数  $\mu\text{W}$  と見積もりを得ており、従来型の光スイッチと比較して 3~5 桁の低消費電力化が可能となる。

図 2 (a)に、本研究で検討を行う自己保持型光スイッチの構造図を示す。シリコン導波路からなるマッシュウェンダー干渉計(MZI)光回路の位相シフト部に磁気光学効果が発生する磁性ガーネット(Ce:YIG)とその磁化を不揮発に制御する薄膜磁石(FeCoB)を有する。薄膜磁石の磁化は上部の電極に与えるパルス信号で磁化反転され、スイッチ状態を切り替える。このパルス電流駆動により超低消費電力な光スイッチが実現できる。これまでに、 $\alpha\text{-Si}$  導波路を用いて  $2 \times 2$  ポートの自己保持型光スイッチを試作し、図 2 (b)に示す電流パルス駆動の実証に成功している。グラフ上段は印加した  $1\mu\text{s}$  の電流パルス波形であり、符号は電流の向きに対応する。グラフ下段はそのときの光応答波形で、電流パルスに応じてスイッチ状態が変化し、自己保持することが確認された。これは、磁気光学効果を用いた自己保持型光スイッチとしては世界初の動作実証である。本研究では、十分な磁気光学位相シフトによる高い消光比のスイッチングの達成を目指す。

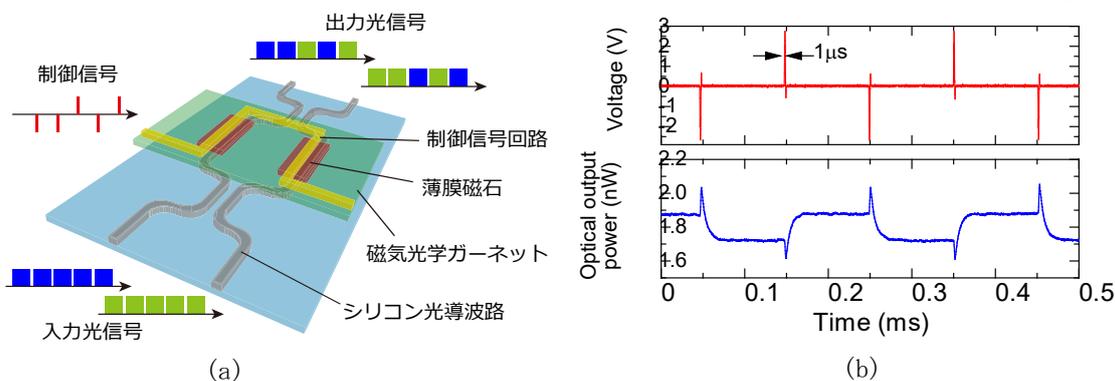


図 2 : (a) 自己保持型光スイッチの構造図、(b) 電流パルス駆動による光スイッチ動作  
スイッチ状態の切り替え時のみ電流パルスによる制御信号が流れる。入力光信号の  
データパケットは 2 つの出力ポートに経路選択され、出力光信号として伝送される。

## 3. 研究の方法

### ① 低損失な導波路型光アイソレータの実現

本研究における具体的な検討項目を記す。

- ・モード変換器の分岐比最適化による高消光比の達成：  
TEモードと TMモードの励振パワーを 1:1 に近づけるほど消光比が高くなる。より等分岐を得られる設計を試作とともに探索する。
- ・磁気光学移相器の広帯域な動作設計：  
導波路のサイズを変化させると干渉の波長特性が変化する。TE・TM 両モードの構造分散を考慮して広帯域動作が得られる設計最適化を行う。

### ② 磁気不揮発性を用いた自己保持型光スイッチの開発

本研究においては、この課題解決に向けて、次の検討項目を実施する。

- ・薄膜磁石の発生磁界の増強：  
現状では発生磁界が不十分であるため、薄膜磁石の磁気特性向上と形状設計の最適化により、Ce:YIG を磁化飽和させるに十分な発生磁界を得る。
- ・低電流パルスによる薄膜磁石の磁化反転：  
現状では 100mA 以上のピーク値を持つパルス電流が必要であるが、電極の再設計や薄膜磁石との配置を工夫し、電流値の低減を図る。
- ・多結晶 Ce:YIG 薄膜の形成：  
従来、直接接合法により単結晶 Ce:YIG クラッド層を形成し光アイソレータ等を作製してきたが、薄膜磁石の集積や追加プロセスのための多結晶堆積を行う。これまでに、YIG バッファ層を用いた多結晶膜の形成に成功しており、成膜条件を変えて磁気光学係数の向上を図る。

## 4. 研究成果

### ① 低損失な導波路型光アイソレータの実現

- ・不連続構造をもたないモード変換型光アイソレータ

図1に示した当初のデバイス構造では入力導波路から急峻に幅を広げることでTE0モードとTE1モードを励振する方式を用いていた。しかし、このとき光散乱や不要なTE2モードの励振が起こるため損失増加につながっていた。そこで、図3(a)に示す方向性結合器の連続的なテーパ構造により損失を低減する方式を提案した。方向性結合器の入力端では偶モードと奇モードを励振する。その後、テーパの導波路幅を相補的に変化させることによって生じる「モード進化」を利用してTE0モードとTE1モードに変換し、さらにTE1モードをTM0モードに変換することができる。このようなデバイスを生設計し、作製したデバイスにおいて図3(b)の特性を得た。挿入損失として、5 dBという低損失動作を達成した。

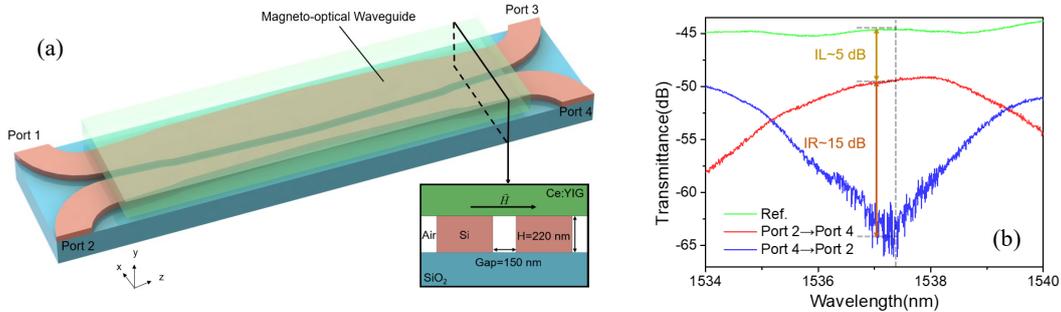


図3：方向性結合器とモード進化を用いたTE-TMモード変換型光アイソレータの(a)構造図と(b)作製したデバイスの動作特性

- ・TE-TMモード変換器を結合部にもつリング共振器型光アイソレータ

前述の新構造を含め従来の干渉計を用いたデバイス構造では $\pi$ 位相シフトを得ることが必須であり本質的に材料の吸収損失の低減には限界がある。そこでリング共振器の非共振状態を順方向伝搬に用いる光アイソレータを新たに提案した。このデバイスでも入出力はTEモードとし、リングの結合部にTE-TMモード変換器を用いることでリング内部でのみTMモード伝搬する図4(a)に示すようなデバイスが構成できる。このようなデバイスを生設計し、作製したデバイスにおいて図4(b)の特性を得た。挿入損失として、4.3 dBという低損失動作を達成した。

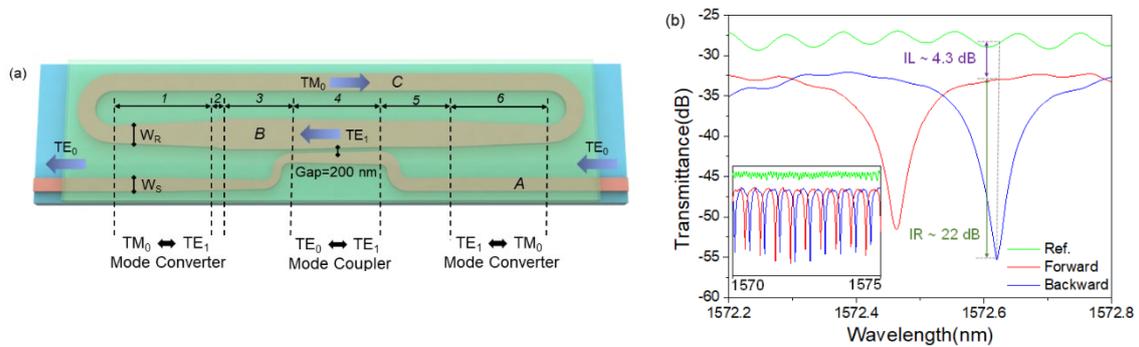


図4：TE-TMモード変換器を結合部にもつリング共振器型光アイソレータの(a)構造図と(b)作製したデバイスの動作特性

### ② 磁気不揮発性を用いた自己保持型光スイッチの開発

- ・MZI型光スイッチにおける高消光比の自己保持光スイッチング動作

磁気光学位相シフトが十分でない原因として、薄膜磁石の残留磁化が弱いことと完全な磁化反転が成されていないことが考えられた。前者については薄膜磁石の形状や配置間隔を改善し、後者については高い電流値を印加できるような電極を形成し、かつ移相器の長さを最適値より長めに設定した。作製したデバイスに対して印加電流の符号により誘導磁界の向きを変えて測定を行った。図5(a), (b)に示すように残留磁化動作においても $\pi$ の位相シフトが観測され、消光比20 dB以上を達成した。また、印加電流を1 $\mu$ 秒幅のパルス信号にして、符号を変えて印加したところ、図5(c)に示すように光スイッチの光出力が二状態に安定して出力されることを確認し、時間的な自己保持動作の実証にも成功した。ただし、時間応答測定に際しては、電極のインピーダンス整合が不完全であったため高い電流値つまり十分な誘導磁界が印加できず、消光比は小さいものとなった。この課題を解決するため、次項で述べる電極設計の最適化を行った。

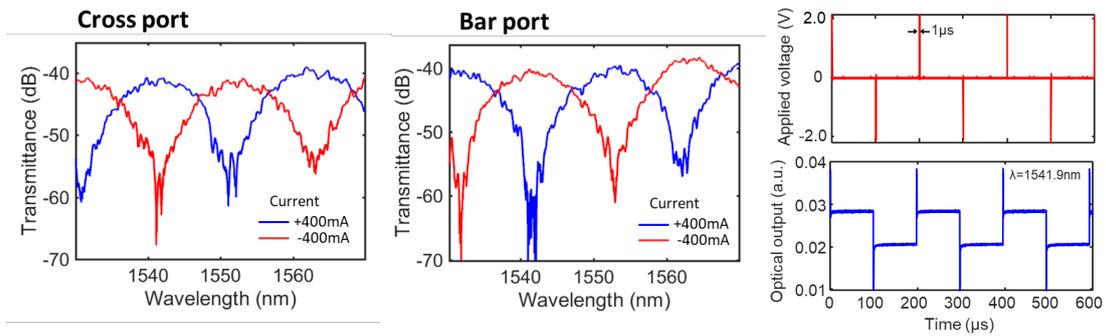


図5：2×2MZI型光スイッチの自己保持動作の測定結果：(a)(b)Cross/Barポートにおける波長特性と(c)時間応答

・電極の高周波設計と静磁場印加による磁気光学スイッチの高速動作

インピーダンス整合をした電極設計とそれによる高効率の磁化反転を実験的に確認するために、薄膜磁石を設けず誘導磁場で直接 Ce:YIG を磁化する光スイッチを試作した。コプレーナ線路と単線 3 周巻きの 2 パターンの電極で設計と実験を行い、ここではコプレーナ線路の結果について述べる。コプレーナ線路は信号線と並行して接地電極を設けることで変位電流による高速な信号伝送を可能にしたものである。今回測定機器の仕様に合わせ 10GHz で 50Ω の特性インピーダンスで設計した。また、磁化反転をしたい方向に対して直交した静磁場を印加すると磁化反転のエネルギーが小さくなることが知られており、変調磁界周波数の応答限界で強磁性共鳴が生じる。今回、高周波設計電極による高速の磁界印加を確かめるとともに、Ce:YIG の磁化反転速度の限界を探る目的で図 6 (a) に示すような静磁場を印加した測定を行った。結果は図 6 (b) に示す通りとなり、静磁場印加により強磁性共鳴周波数が大きくなる現象を観測するとともに、2GHz ほどの高速のスイッチング動作を達成した。

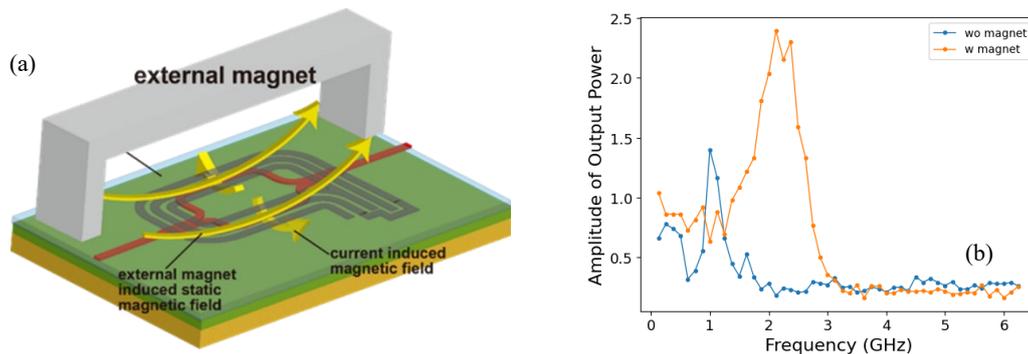


図6：高周波設計電極と静磁場印加を用いた磁気光学スイッチの(a)測定イメージ図と(b)測定結果

以上の結果より、本研究では当初目標をおおむね達成する低損失型光アイソレータと自己保持型光スイッチを実現することができた。今後は他素子と集積化して機能的な光回路を形成し、「大規模光通信システム」への実用導入に向けた研究開発を進めていく。

顕著な成果

- 1) S. Yajima, N. Nishiyama, Y. Shoji, Opt. Express, vol. 8, no. 10, pp. 16243-16250 (May 2023).
- 2) S. Liu, Y. Shoji and T. Mizumoto, Opt. Express, vol. 30, no. 6, pp. 9934-9943 (Mar. 2022).
- 3) S. Liu, Y. Shoji, T. Mizumoto, Opt. Express, vol. 29, no. 15, pp. 22838-22846 (July 2021).
- 4) T. Murai, Y. Shoji, N. Nishiyama, T. Mizumoto, Opt. Express, vol. 28, no. 21, pp. 31675-31685 (Oct. 12, 2020).
- 5) Y. Shoji and T. Mizumoto, Appl. Sci., vol. 9, no. 3, p. 609 (Feb. 2019).
- 6) Y. Shoji and T. Mizumoto, Opt. Mater. Express, vol. 8, no. 8, pp. 2387-2394 (Aug. 2018).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Serrano-Nunez Mario Alberto, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 60
2. 論文標題 Design of ultra-compact TE mode ring optical isolator using a cobalt ferrite film for silicon photonic integrated circuits	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 092003 ~ 092003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac1986	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 Neranjith Ranepura Hewage, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 39
2. 論文標題 4-Bit All-Optical Serial-to-Parallel Converter With Sub-dB/cm Delay Lines Based on Rib Waveguides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Lightwave Technology	6. 最初と最後の頁 6524 ~ 6530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JLT.2021.3104530	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 Serrano-Nunez Mario Alberto, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 19
2. 論文標題 Small magnetless integrated optical isolator using a magnetized cobalt ferrite film	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 20210500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.18.20210500	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 Liu Shuyuan, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 30
2. 論文標題 TE-mode magneto-optical isolator based on an asymmetric microring resonator under a unidirectional magnetic field	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 9934 ~ 9934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.454751	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 Ma Rui, Reniers Sander, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya, Williams Kevin, Jiao Yuqing, van der Tol Jos	4. 巻 8
2. 論文標題 Integrated polarization-independent optical isolators and circulators on an InP membrane on silicon platform	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 1654 ~ 1654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTICA.443097	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 Serrano-Nunez Mario Alberto, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 13
2. 論文標題 Giant Faraday rotation of cobalt ferrite thin films deposited on silicon substrates for silicon photonic nonreciprocal device applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 062002 ~ 062002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab8b52	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 Kondo Yuichiro, Murai Toshiya, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 32
2. 論文標題 All-Optical Switch by Light-to-Heat Conversion in Metal Deposited Si Ring Resonator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Technology Letters	6. 最初と最後の頁 807 ~ 810
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LPT.2020.2998521	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 Neranjith Ranepura Hewage, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 17
2. 論文標題 All-optical serial-to-parallel converter based on nonlinear effects in silicon microring resonators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 20200227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.17.20200227	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 Murai Toshiya, Shoji Yuya, Nishiyama Nobuhiko, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 28
2. 論文標題 Nonvolatile magneto-optical switches integrated with a magnet stripe array	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 31675 ~ 31675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.403129	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 MURAI Toshiya, SHOJI Yuya, NISHIYAMA Nobuhiko, MIZUMOTO Tetsuya	4. 巻 E103.C
2. 論文標題 Magneto-Optical Microring Switch Based on Amorphous Silicon-on-Garnet Platform for Photonic Integrated Circuits	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Electronics	6. 最初と最後の頁 645 ~ 652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transele.20190CP0003	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 庄司雄哉	4. 巻 48
2. 論文標題 シリコン導波路上への磁性材料貼り合わせによる集積型光アイソレーター	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 540 ~ 544
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 Murai Toshiya, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 37
2. 論文標題 Efficient Light-to-Heat Conversion by Optical Absorption of a Metal on an Si Microring Resonator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Lightwave Technology	6. 最初と最後の頁 2223 ~ 2231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JLT.2019.2900515	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 Murai Toshiya, Shoji Yuya, Nishiyama Nobuhiko, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 58
2. 論文標題 Wavelength-tunable operation of magneto-optical switch consisting of amorphous silicon microring resonator on garnet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 072006 ~ 072006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab2a19	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 Ranepura Hewage Neranjith, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 59
2. 論文標題 MZI-based all-optical serial-to-parallel conversion circuit by free-carrier dispersion effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 012003 ~ 012003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab5b87	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 Murai Toshiya, Shoji Yuya, Mizumoto Tetsuya	4. 巻 30
2. 論文標題 Light-induced thermomagnetic recording of thin-film magnet CoFeB on silicon waveguide for on-chip magneto-optical memory	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 18054 ~ 18054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.448460	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 Yajima Shun, Shoji Yuya	4. 巻 61
2. 論文標題 Integrated photonic traveling salesman problem probabilistic solver with polynomial calculation time complexity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 052003 ~ 052003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac55e2	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 Pintus Paolo, Ranzani Leonardo, Pinna Sergio, Huang Duanni, Gustafsson Martin V., Karinou Fotini, Casula Giovanni Andrea, Shoji Yuya, Takamura Yota, Mizumoto Tetsuya, Soltani Mohammad, Bowers John E.	4. 巻 5
2. 論文標題 An integrated magneto-optic modulator for cryogenic applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Electronics	6. 最初と最後の頁 604 ~ 610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41928-022-00823-w	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 Liu Shuyuan, Minemura Daiki, Shoji Yuya	4. 巻 10
2. 論文標題 Silicon-based integrated polarization-independent magneto-optical isolator	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 373 ~ 373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTICA.483017	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 Liang Zhu, Liu Shuyuan, Shoji Yuya	4. 巻 62
2. 論文標題 Improvement of extinction in optically-controlled silicon thermo-optic switch based on micro-ring resonator with distinct probe signal	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 032001 ~ 032001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acbc5d	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 庄司 雄哉	4. 巻 41
2. 論文標題 若手研究者の挑戦：光導波路を用いた光磁気記録デバイス ~ソリッドステート光メモリへの挑戦~	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 月刊オプトロニクス	6. 最初と最後の頁 200 ~ 203
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 西山 伸彦、庄司 雄哉	4. 巻 105
2. 論文標題 異種材料集積を用いた機能可変光集積回路	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 1368 ~ 1374
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 庄司 雄哉	4. 巻 9
2. 論文標題 磁気光学効果を用いた自己保持型光スイッチの開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 次世代高速通信に対応する光回路実装、デバイスの開発	6. 最初と最後の頁 360 ~ 365
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 -

〔学会発表〕 計55件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 29件)

1. 発表者名 Daiki Minemura
2. 発表標題 Tunable Polarization Converter Based on Mach-Zehnder Interferometer
3. 学会等名 Microoptics Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshiya Murai
2. 発表標題 Light-induced Thermomagnetic Recording of Ferromagnetic Thin-film on Silicon Waveguide for Solid-State Magneto-Optical Memory
3. 学会等名 Optical Fiber Communication Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuyuan Liu
2. 発表標題 Silicon-based Integrated High-performance TE Mode Magneto-optical Isolator
3. 学会等名 11th International Symposium on Photonics and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shun Yajima
2. 発表標題 Integratable Traveling Salesman Problem Solver Using Light Pulse Delay Time
3. 学会等名 11th International Symposium on Photonics and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Hara
2. 発表標題 Proposal of Phased Array Type 1 × N Wavelength Selective Switch by Silicon Photonics
3. 学会等名 11th International Symposium on Photonics and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口翔平
2. 発表標題 自己保持型磁気光学スイッチにおける薄膜磁石の配置及び構造の検討
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 2021年

1. 発表者名 丹下湧斗
2. 発表標題 導波路幅最適化によるTE-TM半モード変換型光アイソレータの広帯域化
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 2021年

1. 発表者名 村井俊哉
2. 発表標題 磁気光学メモリに向けたSi導波路上薄膜磁石の光熱磁化反転の実証
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 Shuyuan Liu
2. 発表標題 Silicon-based Integrated TE Mode Magneto-optical Isolator
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 峰村大輝
2. 発表標題 マッハ・ツェンダー干渉型可変TE-TMモード変換器の設計
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 ラネブラヒュウェッジネランジト
2. 発表標題 全光ラベル処理用リング共振器型シリアルパラレル変換器
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 矢島駿
2. 発表標題 光パルスの遅延時間を用いた集積可能な巡回セールスマン問題ソルバー
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 峰村大輝
2. 発表標題 マッハ・ツェンダー干渉型可変モードコンバータの提案と設計
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 Mageto-optical devices for silicon photonics
3. 学会等名 Asia Communications and Photonics Conference (ACP 2020) / International Conference on Information Photonics and Optical Communications (IPOC 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 Application of magneto-optic material to silicon photonic integrated circuits
3. 学会等名 22nd European Conference on Integrated Optics (ECIO 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiya Murai
2. 発表標題 Magneto-optical isolator and self-holding optical switch integrated with thin-film magnet
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢島駿
2. 発表標題 自己保持型光スイッチの短パルス動作の検討
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原雄基
2. 発表標題 フェーズドアレイ型1xN 波長選択スイッチの提案
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryota Yokoi
2. 発表標題 Bandwidth Improvement of Waveguide Optical Isolator Based on TE-TM Mode Conversion
3. 学会等名 10th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Minemura
2. 発表標題 Silicon Waveguide Magneto-Optical Devices Fabricated by $\mu$ -Transfer Printing
3. 学会等名 10th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村井俊哉
2. 発表標題 薄膜磁石を集積した磁気光学アイソレータと自己保持光スイッチ
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 村井俊哉
2. 発表標題 アニール処理による Ce:YIG上 a-Si:H導波路の吸収損失低減
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 2020年

1. 発表者名 庄司雄哉
2. 発表標題 不揮発光ゲートスイッチと畳み込みニューラルネットワーク応用
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 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 Optical isolators on silicon platform
3. 学会等名 International Symposium on Ultrafast Photonic Technologies & Special Symposium on Silicon Photonic of the Future (ISUPT/SSPhF 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Shoji
2. 発表標題 Magneto-optical devices for photonic integrated circuits
3. 学会等名 EMN Meeting on Optoelectronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 Application of magneto-optical garnet to integrated photonic circuits
3. 学会等名 12th International Ferrite Conference (ICF 12) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Shoji
2. 発表標題 Magneto-optical devices for silicon photonics
3. 学会等名 International Conference on Photonics Solutions (ICPS) 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水本 哲弥
2. 発表標題 磁気光学ガーネット直接接合によるシリコン導波路光アイソレータ
3. 学会等名 2020年レーザー学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 On-chip Optical Isolators
3. 学会等名 Optical Fiber Communication Conference (OFC) 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuya Toma
2. 発表標題 Silicon waveguide wavelength-selective switch using cascaded microring resonators and thermo-optic phase shifters
3. 学会等名 21st European Conference on Integrated Optics (ECIO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiya Murai
2. 発表標題 Light-to-heat conversion by optical absorption in a Si microring resonator
3. 学会等名 The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. H. Neranjith
2. 発表標題 All-Optical Serial-to-Parallel Conversion by Free-Carrier Dispersion Effect in Silicon MZI
3. 学会等名 Opto-Electronics and Communications Conference (OECC) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiya Murai
2. 発表標題 Magneto-Optical Microring Switch of Amorphous Silicon Waveguide on Garnet
3. 学会等名 Opto-Electronics and Communications Conference (OECC) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mario A Serrano-Nunez
2. 発表標題 Magneto-Optical Photonic Crystal Waveguides
3. 学会等名 MicroOptics Conference (MOC) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部ゆい
2. 発表標題 Si導波路型光アイソレータの広帯域かつ温度無依存設計
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 谷本幸駿
2. 発表標題 TE-TM半モード変換器と非相反移相効果を用いたシリコン導波路型光サーキュレータ
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 村井俊哉
2. 発表標題 a-Si:H/Ce:YIGマイクロリングによる波長可変光スイッチの動作実証
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 狩野大輝
2. 発表標題 薄膜磁石を用いた自己保持型磁気光学スイッチのクロス-バー動作
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 近藤優一郎
2. 発表標題 オンチップ光回路へ向けた微結晶シリコンの光学特性評価
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 中島雪暢
2. 発表標題 微結晶シリコン光変調器における積層構造の設計
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 Yuya Shoji, Toshiya Murai, Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 Performance Estimation of Photonic Neural Network Accelerator with Magneto-optical Switch Array
3. 学会等名 27th OptoElectronics and Communications Conference / International Conference on Photonics in Switching and Computing (OECC/PSC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Hara, Yuya Shoji, Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 Phased-array Type 1×4 Wavelength Selective Switch with Silicon Waveguides
3. 学会等名 27th OptoElectronics and Communications Conference / International Conference on Photonics in Switching and Computing (OECC/PSC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shun Yajima, Yuya Shoji, Nobuhiko Nishiyama, Tetsuya Mizumoto
2. 発表標題 High-speed Switching of Waveguide Magneto-Optical Switch with Coplanar Electrode
3. 学会等名 27th OptoElectronics and Communications Conference / International Conference on Photonics in Switching and Computing (OECC/PSC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shun Yajima, Yuya Shoji
2. 発表標題 Scaling Analysis of an Integrated Photonic Traveling Salesman Problem Accelerator
3. 学会等名 27th Microoptics Conference (MOC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄司 雄哉
2. 発表標題 導波路型光アイソレータの開発と集積化に向けた検討
3. 学会等名 第163回微小光学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢島 駿
2. 発表標題 コプレーナ線路による磁気光学スイッチの高速スイッチング
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuyuan Liu
2. 発表標題 TE-mode Magneto-optical Isolator Based on Asymmetric Microring
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄司 雄哉
2. 発表標題 ソリッドステート光メモリの実現に向けた光導波路型光磁気記録メモリ
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 2022年

1. 発表者名 谷口 翔平
2. 発表標題 自己保持型磁気光学スイッチのSOI基板上集積に向けた研究
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 2022年

1. 発表者名 Yuya Shoji
2. 発表標題 Low-loss Integrated Optical Isolator on Silicon Photonics Platform
3. 学会等名 12th International Symposium on Photonics and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhu Liang
2. 発表標題 Optically-Controlled Silicon Thermo-Optic Switch Based on Micro-Ring Resonator
3. 学会等名 12th International Symposium on Photonics and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yisheng Ni
2. 発表標題 Compact Phased Array Type Wavelength-selective Switch Based on Silicon Photonics
3. 学会等名 12th International Symposium on Photonics and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄司 雄哉
2. 発表標題 導波路型光アイソレータの進展
3. 学会等名 Photonic Device Workshop (PDW) 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢島 駿
2. 発表標題 高周波線路による磁気光学スイッチの高速スイッチング
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 峰村 大輝
2. 発表標題 薄膜Ce:YIG/SGGGのSi導波路上への $\mu$ -トランスファー プリンティングを用いた導波路型光アイソレータの製作
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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