

令和 3 年 5 月 5 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05081

研究課題名(和文) 常温接合を用いた異種材料複合構造レーザーの高効率・高出力化に関する研究

研究課題名(英文) Highly efficient and high-power composite lasers by use of room-temperature bonding

研究代表者

庄司 一郎 (SHOJI, Ichiro)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：90272385

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：レーザー材料と、熱伝導性の極めて大きいダイヤモンドを一体化した複合構造レーザーの高性能化に成功した。接合界面にレーザー光が反射しないコーティング層を挿入した構造を常温接合法を用いて実現した。レーザー材料で発生した熱を効率よくダイヤモンドに逃がすことにより、レーザー材料単独の場合に比べて1.5倍のレーザー出力が得られた。また、接合界面にコーティング層がなく光損失が生じてしまう従来構造に比べ、効率で1.3倍、出力で1.2倍性能が向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高出力レーザーは基礎研究のみならず、産業や医療等幅広い分野でますます必要となっている。本研究で得られた成果は、小型で実用性が高いながらも大きな出力が得られるレーザーを今後実現するうえで意義が大きい。また、レーザー分野に限らず、異種材料の複合化によって新たな機能を発現する材料・デバイスの研究が精力的に行われている。本研究では、材料同士を原子レベルで接合し、かつ、光学特性を制御するためのコーティング層を挿入したデバイスが作製可能であることを初めて実証できた。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in developing high-performance composite lasers comprising a laser crystal and a diamond crystal which has large thermal conductivity. We realized the structure which has an anti-reflection coating layer at the bonded interface by using the room-temperature-bonding technique. Efficient removal of heat from the laser crystal to the diamond enabled 1.5 times increase of the laser output power compared with a non-composite laser crystal. Moreover, 1.3 times higher efficiency as well as 1.2 times higher output power were obtained compared with a composite laser which does not have the coating layer at the bonded interface.

研究分野：光工学、光量子科学

キーワード：複合構造レーザー 常温接合

### 1. 研究開始当初の背景

固体レーザー材料における発熱の制御は、レーザーの低閾値・高効率・高出力・高ビーム品質化いずれにも不可欠な課題である。このうち、レーザー活性イオン添加材料を無添加材料と一体化させた複合構造は、添加材料で発生した熱を効率よく無添加材料に排熱できることから、熱制御の有効な手段として広く用いられている。

無添加材料としては通常、Nd:YAG に対しては YAG (熱伝導率 10 W/mK 程度) といったように、レーザー材料と同種の材料が用いられる。これは、複合構造の多くが拡散接合によって作製されているためである。拡散接合は高温プロセスのため、熱膨張係数の異なる材料同士を高品質に接合するのは難しい。また、最近になって焼結法によって作製された複合構造セラミックスレーザーが報告されたが、異方性のある材料でこの手法を適用するのは現状では困難である。

一方、我々は 2004 年頃から常温接合を用いた波長変換デバイスの開発に取り組んできた。常温接合は、真空中で材料表面にアルゴン原子ビームを照射し酸化膜・吸着原子を除去して表面原子を活性化させ、それらの表面同士を接触させると、常温のもとで原子レベルの強固な接合が実現する技術である。申請者は常温接合の有用性に着目し、接合界面をレーザー光が透過するデバイスの作製に対して初めて適用した。特に、波長変換結晶 BBO ( $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) を用いて作製したウオークオフ補償構造デバイスでは、バルク BBO 結晶の約 2 倍の効率で深紫外光を発生することに成功した。

上記の研究で得られた知見を活かし、常温接合を用いた複合構造レーザーの作製にも 2010 年頃から着手した。まず予備実験として、同種材料である YAG と Nd:YAG との複合構造を作製し、単体の Nd:YAG 結晶より高効率かつ高出力でレーザー発振することを確認した。そして最近になって、異種材料同士である Nd:YAG/ダイヤモンドおよび Nd:YVO<sub>4</sub>/ダイヤモンド複合構造の作製とレーザー発振に成功した。ダイヤモンドは熱伝導率が 2000 W/mK と YAG の約 200 倍大きく理想的な排熱材料であるが、線膨張係数が YAG の 1/8 しかないため、常温における接合でしか原子レベルの高品質接合はなし得ない。

ダイヤモンドを用いた複合構造では、単体のレーザー結晶で熱破壊が起こる励起パワーでも問題なく動作し、高い排熱特性を示すことができた。しかしながら、接合界面で材料の屈折率の違いによるフレネル反射が生じ、損失となるため、効率はレーザー結晶単体より低くなった。この問題を解決すべく、接合界面にコーティング層を導入することを初めて試み、固体レーザーのさらなる高機能化へつなげるのが本研究内容となる。

### 2. 研究の目的

申請者がこれまで行った研究で、常温接合を用いるとダイヤモンドとレーザー結晶との異種材料複合構造を作製できることを示した。しかしながらそれと同時に、ダイヤモンドとレーザー結晶とでは屈折率が異なるため、接合界面でフレネル反射が生じ、それが散乱損失となって、レーザー結晶単体よりも発振閾値が高くなり、スロープ効率が低下してしまうことも明らかとなった。

そこで本研究では、接合界面にコーティング層を導入した複合構造レーザーの作製を行うことを目的とした。すなわち、ダイヤモンドの表面にあらかじめレーザー光に対する無反射もしくは高反射コーティングを施しておき、それらコーティング層とレーザー結晶とを常温接合により接合する。この構造により、発振閾値やスロープ効率等、レーザー発振特性の向上を図り、従来の同種材料複合構造レーザーの出力を上回るレーザーを実現する。また、単一縦モードレーザーの高出力化も可能であることを実証する。研究期間は 3 年間とし、具体的には研究期間内に以下の項目を成し遂げることを目標とした。

- (i) ダイヤモンド表面に施したコーティング層とレーザー結晶とを常温接合により高品質に接合する (接合強度が最大となる条件を見出す)
- (ii) 接合界面にコーティング層を導入した複合構造の排熱特性を明らかにする (コーティング層の厚さは 700 nm 程度であり、この存在が熱抵抗となり得るかどうかが検証する)
- (iii) 接合界面に無反射コーティング層を導入したダイヤモンドと Nd:YAG および Nd:YVO<sub>4</sub> との複合構造レーザーにおいて、効率が単体結晶と同等もしくは上回ることを実証する
- (iv) ダイヤモンドとの異種材料複合構造と、YAG と Nd:YAG、YVO<sub>4</sub> と Nd:YVO<sub>4</sub> からなる同種材料複合構造とを比較し、ダイヤモンド複合構造のほうが入射可能励起パワーとレーザー出力が大きくなることを実証する
- (v) 接合界面に高反射コーティング層を導入したダイヤモンドと厚さ 500  $\mu$ m の Nd:YVO<sub>4</sub> との複合構造を作製し、これまでにない高出力の単一縦モードマイクロチップレーザーを実現する。

### 3. 研究の方法

まず、企業研究者と協力し、高い排熱特性を維持しつつ反射損失が小さく、常温接合可能なコーティング層の開発を行うとともに、高品質な接合を実現すべく装置の改良を行った。これを踏

まえ、コーティング層とレーザー結晶との接合を達成し、コーティング層が複合構造において排熱特性に与える影響の有無を検討した。次に、接合界面に無反射コーティング層を有する異種材料複合構造のレーザー発振特性を評価し、レーザー結晶単体との効率の比較、および、同種材料複合構造との入射可能励起パワーおよび最大出力パワーの比較を行った。さらに、無添加 **YAG** との接合界面に高反射コーティング層を有するマイクロチップ **Yb:YAG** 複合構造の作製も試みた。

本研究での最大のポイントは、研究目的 (i) の、複合構造の接合界面にレーザー光に対する無反射もしくは高反射のコーティング層を挿入し、複合構造レーザーの高出力化や高機能化を図ることにある。したがって、この構造を確実に実現することが最重要課題となる。そこで、たとえ当初計画どおりに進まない場合でも研究を遂行するための対応策も講じた。

まず最も望ましいケースとして、ダイヤモンドの表面にコーティングを施し、そのコーティング層とレーザー結晶表面とを接合することを計画した。その理由は、このプロセスが実現すれば、レーザー結晶との複合化を行う材料がダイヤモンドに限らず何であっても、コーティングさえしてしまえば確実に接合できるようになり、汎用性が限りなく広がるからである。

しかしながら、もし接合できない場合には、レーザー結晶にコーティングを施し、それとダイヤモンドとの接合を試みることを想定した。さらにそれもうまくいかない場合には、排熱材料をダイヤモンドからサファイアに変更して研究を進める予定であった。コーティング層の最表面は酸化アルミニウムすなわちサファイア結晶と同じ物質であり、同種材料であれば確実に常温接合が可能となる。サファイアの熱伝導率は **42 W/mK** でダイヤモンドの **1/50** 程度であるが、**YAG** の **4** 倍以上大きく、ダイヤモンドより厚い結晶を利用すれば排熱材料として十分な効果を期待できるからである。

次に研究目的 (ii) の、作製に成功した複合構造に対して排熱特性の評価を行った。評価法として、申請者が独自に開発した熱複屈折精密測定を用いた。複合構造に励起光を吸収させると同時に、プローブ光として直線偏光の **He-Ne** レーザーを透過させ、発熱によって生じた熱複屈折にもなう偏光解消度(デポラリゼーション)を測定する予定であった。その結果が良くなく、コーティング層が熱抵抗となってしまう場合には、コーティングを多層膜から単層膜へと薄くする対策を講じていた。しかしながら、それに先立ってレーザー発振実験を行ったところ、コーティング層の存在によって排熱特性が悪くなっている兆候は認められなかったため、直接の評価は行わなかった。

作製した複合構造の光学的評価として、接合界面に挿入した無反射コーティング層の性能評価を行った。分光光度計を用いて透過スペクトルを測定するとともに、波長可変単一縦モードレーザーからのコリメート光を複合構造に垂直入射し、波長を変化させたときの入射端面間での多重反射干渉による透過率変化を測定した。もし接合界面でフレネル反射が生じている場合には、干渉のコントラスト低下として確認できる。また、引っ張り試験機を用いた接合強度測定も行った。

作製した複合構造のレーザー発振実験を行った。励起光源には波長 **808 nm**、出力 **40 W** のファイバ結合型半導体レーザーを用い、レンズで集光して複合構造に入射した。レーザー光に対し高反射の平面入射ミラーと、部分透過凹面出力ミラーで共振器を構成し、出力をパワーメータで測定した。

まず研究目的 (iii) の、**Nd:YAG**/ダイヤモンド複合構造について、レーザー結晶単体との比較を行った。単体が熱破壊を起こさない **10 W** 以下の入射励起パワーで、発振閾値およびスロープ効率を比較する。複合構造の接合界面に無反射コーティング層を挿入したことで界面での反射損失をなくした結果、閾値が単体と等しく、また、スロープ効率が単体と同等もしくは、高い排熱特性のため単体を上回るかを確認した。

次に研究目的 (iv) のうち、**YAG** と **Nd:YAG** からなる同種材料複合構造と、レーザー発振特性の比較を行った。まず、入射励起パワー **20 W** 程度までの範囲でレーザー出力およびスロープ効率を比較し、排熱特性の違いが現れるかを検証した。

続いて、入射励起パワーを大きくしていき、最大出力パワーがいくらになるかを測定した。熱効果によりレーザー出力が飽和し、最終的に熱破壊が生じるかどうか、生じるとすればそのときの入射励起パワーを測定し、ダイヤモンドを用いた複合構造が固体レーザーの高出力化に有効であることを実証する。

上記と平行して、研究目的 (v) の、複合構造高出力マイクロチップレーザーの作製および評価を行った。厚さ **300 μm** および **100 μm** の **Yb:YAG** と、レーザー光に対する反射率が **100%** に近いコーティングを施した無添加 **YAG** とを接合した。入射側の無添加 **YAG** の接合界面に反射率 **99%** 以上のコーティングを、出射側の無添加 **YAG** の接合界面に部分反射コーティングを施し、**Yb:YAG** を挟んで接合した両側エンドキャップ構造を作製した。

マイクロチップレーザーは単一縦モード動作をさせるために入射端面に高反射コーティングをする必要があり、複合構造を作製することはこれまででは不可能であったため、低出力のものしか存在しなかった。本研究で常温接合を用いて初めて複合構造を作製することにより、単一縦モードでかつ高出力なモノリシックレーザーが実現可能であることを実証する。

#### 4. 研究成果

研究目的に対応した研究成果は以下のとおりである。

- (i) ダイヤモンドはエレメントシックス製の化学気相成長(CVD)単結晶を用いた．サイズは口径が 3 mm×3 mm ,厚さ 1.5 mm であり ,これを ,口径 3 mm×3 mm ,厚さ 3 mm の Nd:YAG 結晶の入射端面に接合した．図 1(a)のように ,ダイヤモンドの接合界面に無反射コーティングを施し ,常温接合により Nd:YAG との接合を試みた．接合条件を最適化した結果 ,世界で初めて ,常温接合法を用いたコーティング層を有する複合構造レーザーの作製に成功した(図 1(b))．
- (ii) 接合界面にコーティングを施していない Nd:YAG/ダイヤモンド複合構造について熱複屈折によるデポラリゼーション測定を行った結果 ,単体の Nd:YAG の半分程度となり ,効果的な排熱が実現できていることを確認した．一方 ,接合界面にコーティングを施した複合構造については ,先にレーザー発振実験を行ったところ ,コーティングを施していない複合構造より発振効率が高く ,コーティング層の存在が排熱効率を悪化させることはないことが確認できた．
- (iii) 複合構造の両端面にもレーザ光波長 1.064  $\mu\text{m}$  に対する無反射コーティングを施した後 ,入射ミラーで共振器を構成し ,レーザ発振実験を行った．結果を図 2 に示す．複合構造化していない単体の Nd:YAG(●)は ,励起パワー19 W 程度で熱効果により出力が低下し ,最終的に熱破壊が生じて発振が停止した．一方 ,Nd:YAG とダイヤモンドとを直接接合した複合構造(□)は ,入射パワー30 W でも問題なく発振し ,単体での最大値 7.54 W を超える出力 9.22 W が得られた．これは ,ダイヤモンドと複合化したことで ,効果的に排熱が行われていることを示している．ただし ,スロープ効率は単体が 46.3 %であるのに対し直接接合複合構造は 35.5 %と低下した．この原因は ,接合界面におけるレーザ光のフレネル反射損失である．一方 ,接合界面に無反射コーティングを施した複合構造の入出力特性を測定した結果が図 2 のデータである．接合界面での反射損失を最小化することによりスロープ効率が向上し ,単体の Nd:YAG とほぼ同等となった．さらに ,励起パワー30 W で ,直接接合複合構造を上回る出力 11.4 W を達成した．無反射コーティング層の厚さは 1  $\mu\text{m}$  程度であるのに対し ,アルゴン原子ビーム照射でエッチングされる厚さは数 nm とわずかであるため ,無反射特性はほぼ維持されると考えられる．
- (iv) 厚さ 2 mm の無添加 YAG と Nd:YAG との複合構造を作製したところ ,入射パワー20 W では出力は同程度であったが ,それ以上の入射パワーでは横モードが劣化した．ダイヤモンドを用いた複合構造で排熱効率が高いことを確認できたが ,さらなる高出力化のためには ,ダイヤモンドの厚さを現状の 1.5 mm からさらに大きくしたほうがよいこともわかった．
- (v) Yb:YAG と無添加 YAG とのマイクロチップ複合構造を作製し ,レーザー発振に成功した．ただし ,現状ではまだ出力が数百 mW にとどまっております ,今後さらに最適化する必要がある．また ,Nd:YVO<sub>4</sub> と無添加 YAG との新しい構造を有する複合構造を考案し ,現在作製中である．

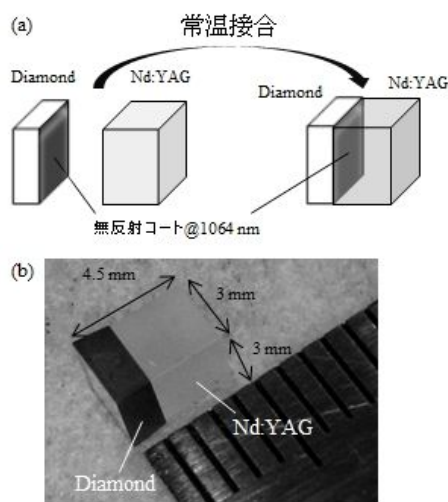


図 1 接合界面に無反射コーティングを有する Nd:YAG/ダイヤモンド複合構造

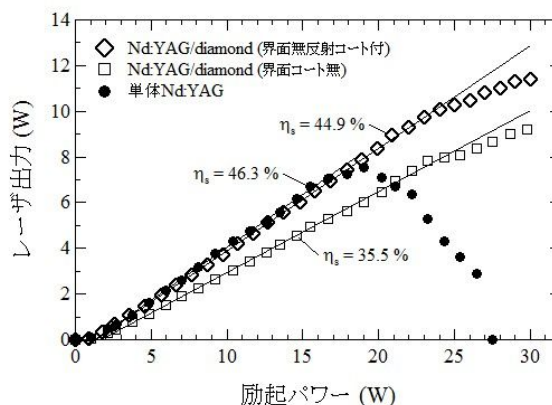


図 2 Nd:YAG/ダイヤモンド複合構造レーザー発振特性

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 庄司一郎	4. 巻 31
2. 論文標題 常温接合による複合構造レーザおよび波長変換デバイスの開発	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 34-39
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 Cyril Bernerd, Patricia Segonds, Jerome Debray, Jean-Francois Roux, Emilie Herault, Jean-Louis Coutaz, Ichiro Shoji, Hiroaki Minamide, Hiromasa Ito, Dominique Lupinski, Kevin Zawilski, Peter Schunemann, Xinyuan Zhang, Jiyang Wang, Zhanggui Hu, and Benoit Boulanger	4. 巻 10
2. 論文標題 Evaluation of eight nonlinear crystals for phase-matched Terahertz second-order difference-frequency generation at room temperature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 561-576
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OME.383548	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 Ichikawa Hiromasa, Yamaguchi Kohki, Katsumata Tomo, Shoji Ichiro	4. 巻 25
2. 論文標題 High-power and highly efficient composite laser with an anti-reflection coated layer between a laser crystal and a diamond heat spreader fabricated by room-temperature bonding	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 22797 ~ 22797
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.25.022797	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42件（うち招待講演 8件/うち国際学会 21件）

1. 発表者名 Rika Tanimoto, Yuki Takahashi, and Ichiro Shoji
2. 発表標題 Fabrication of a quasi-phase-matching stack of multiple GaAs plates with lower scattering loss at the bonded interfaces by use of room-temperature bonding
3. 学会等名 9th EPS-QEOD Europhoton Conference（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 勇輝、谷本 里香、庄司 一郎
2. 発表標題 常温接合を用いた GaAs プレート多数枚積層擬位相整合中赤外波長変換デバイスの高品質化II
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 Ichiro Shoji
2. 発表標題 Fabrication of Quasi-phase-matching Stacked Large-aperture GaAs Plates Using the Room-temperature-bonding Technique for Mid-IR high-power Wavelength Conversion
3. 学会等名 High-brightness Sources and Light-driven Interactions Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩本 祐輝、加賀美 侑希、鈴木 奏哉、庄司 一郎、古川 保典
2. 発表標題 定比組成LiNbO3 及びLiTaO3の屈折率温度依存性精密測定
3. 学会等名 レーザー学会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平山 尚哉、田中 亮一、山野辺 真輝、庄司 一郎
2. 発表標題 紫外波長変換材料LaBGeO5の2次非線形光学定数精密測定
3. 学会等名 レーザー学会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 勇輝, 谷本 里香, 庄司 一郎
2. 発表標題 常温接合を用いた GaAs プレート多数枚積層擬似位相整合中赤外波長変換デバイスの高品質化III
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 田中 亮一, 平山 尚哉, 山野辺 真輝, 庄司 一郎
2. 発表標題 紫外波長変換材料LaBGeO5の非線形光学定数精密測定
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 Ichiro Shoji
2. 発表標題 Fabrication of Quasi-phase-matching Stacked Large-aperture GaAs Plates Using the Room-temperature-bonding Technique for Mid-IR high-power Wavelength Conversion
3. 学会等名 Mid-Infrared Coherent Sources conference 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷本 里香, 高橋 勇輝, 庄司 一郎
2. 発表標題 常温接合を用いたGaAsプレート多数枚積層擬似位相整合中赤外波長変換デバイスの高品質化
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 庄司 一郎
2. 発表標題 常温接合を用いた固体レーザおよび波長変換デバイスの開発
3. 学会等名 日本学術振興会接合界面創成技術第191委員会第25回研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ichiro Shoji
2. 発表標題 Large-aperture quasi-phase-matching stacks of multiple GaAs plates fabricated with the room-temperature bonding for high-power wavelength conversion in mid-IR region
3. 学会等名 The 27th International Conference on Advanced Laser Technologies（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩本 祐輝, 川島 潤也, 庄司 一郎, 古川 保典
2. 発表標題 定比組成LiNbO3 及びLiTaO3の屈折率温度依存性精密測定
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 Ichiro Shoji
2. 発表標題 Development of Composite Lasers and Stacked Wavelength-Conversion Devices by use of the Room-Temperature-Bonding Technique
3. 学会等名 International Summit on Optics, Photonics, and Laser Technologies（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年



1 . 発表者名 Ichiro Shoji
2 . 発表標題 Quasi-phase-matched GaAs stacks for midinfrared wavelength conversion fabricated with the room-temperature bonding
3 . 学会等名 The 8th Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS 2019) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Honbu, T. Makino, H. Kato, M. Ogura, H. Okushi, S. Yamasaki, K. Ichikawa, T. Teraji, S. Koizumi, S. Ohmagari, D. Takeuchi, I. Shoji
2 . 発表標題 Investigation of i-layer quality of diamond pin diode-type electron emitters using electroluminescence and cathodoluminescence measurements
3 . 学会等名 Hasselt Diamond Workshop 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hiroki Takase, Hiroki Atarashi, Tsubasa Kaga, Ichiro Shoji
2 . 発表標題 Fabrication of a quasi-phasesmatching stack of 53 GaAs plates for high-power mid-infrared wavelength conversion by use of room-temperature bonding
3 . 学会等名 Photonics West 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Junya Kawashima, Ryutaro Ohno, Ichiro Shoji, and Yasunori Furukawa
2 . 発表標題 Direct Measurements of Temperature-Dependent Refractive Indices of Stoichiometric LiNbO <sub>3</sub> and LiTaO <sub>3</sub>
3 . 学会等名 Advanced Photonics 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Ichiro Shoji, Shinta Kawasaki, and Yusuke Honda
2. 発表標題 Accurate measurements of second-order nonlinear-optical coefficients of a UV-generating wavelength-conversion material: LaBGeO5
3. 学会等名 Advanced Photonics 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本部達也, 牧野俊晴, 加藤宙光, 小倉政彦, 大串秀世, 山崎 聡, 竹内大輔, 庄司一郎
2. 発表標題 ホウ素濃度の異なるp型基板上に作製したダイヤモンドp-i-nダイオードからの電子放出の比較
3. 学会等名 第32回ダイヤモンドシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本部 達也、牧野 俊晴、加藤 宙光、小倉 政彦、大串 秀世、山崎 聡、竹内 大輔、庄司 一郎
2. 発表標題 ホウ素濃度の異なるp型基板上に作製したダイヤモンドp-i-nダイオードからの電子放出の比較
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 王 月、浅原 彰文、庄司 一郎、野竹 孝志、南出 泰亜、美濃島 薫
2. 発表標題 デュアルコム分光による位相屈折率の精密測定法の開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島 潤也、大野 竜太郎、岩本 祐輝、庄司 一郎、古川 保典
2. 発表標題 定比組成LiNbO3 及びLiTaO3の屈折率温度依存性精密測定3
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高瀬 大幹、加賀 翼、新 裕貴、庄司 一郎
2. 発表標題 常温接合を用いたGaAsプレート多数枚積層擬似位相整合中赤外波長変換デバイスの開発3
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomo Katsumata, Hiromasa Ichikawa and Ichiro Shoji
2. 発表標題 Room-temperature-bonded Nd:YAG/diamond Composite Laser with an Anti-reflection Coating Layer at the Bonded Interface for High-power and Highly Efficient Oscillation
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe (CLEO/Europe) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Atarashi, Terumitsu Kubota, and Ichiro Shoji
2. 発表標題 Development of Multiple GaAs Plate-stacked Quasi-phase-matching Mid-infrared Wavelength-conversion Devices by Use of Room-temperature Bonding
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe (CLEO/Europe) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ken-ichi Kondo, Akifumi Asahara, Yue Wang, Ichiro Shoji, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Rapid Evaluation Method of Anisotropy by Dual Comb Spectroscopy
3. 学会等名 24th Congress of the International Commission for Optics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ken-ichi Kondo, Akifumi Asahara, Yue Wang, Ichiro Shoji, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Precise Birefringence Measurement Of Anisotropic Materials By Dual-Comb Spectroscopy
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoki Matsui, Shin Katsumata, and Ichiro Shoji
2. 発表標題 Direct Bonding Of A Laser Crystal And Copper By Use Of The Room-temperature Bonding
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuki Akiyama, Syota Nakano, and Ichiro Shoji
2. 発表標題 Accurate Measurements Of Electro-optic Coefficients Of MgO-doped And Undoped Congruent And Stoichiometric LiNbO3
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinta Kawasaki, Yusuke Honda, Ichiro Shoji
2. 発表標題 Accurate measurements of second-order nonlinear-optical coefficients of LaBGeO5
3. 学会等名 24th Congress of the International Commission for Optics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ichiro Shoji
2. 発表標題 Room-Temperature-Bonding Technique for Developing New Laser and Wavelength-Conversion Devices
3. 学会等名 The 25th International Conference on Advanced Laser Technologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Atarashi, Hiroki Takase, Ichiro Shoji
2. 発表標題 Wavelength-conversion Characteristics of Quasi-phase-matching Stack of GaAs Plates Fabricated with the Room-temperature-bonding Technique
3. 学会等名 Advanced Solid-State Lasers 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takatomo Shimada, Kazuaki Nagashima, Shuhei Koyama, Ichiro Shoji
2. 発表標題 Fabrication of Walk-off Compensating BBO Devices with Multiple Thin Plates Using Room-Temperature Bonding
3. 学会等名 Advanced Solid-State Lasers 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ichiro Shoji
2. 発表標題 Room-Temperature Bonding of Laser and Nonlinear-Optical Crystals for High-Performance Lasers and Wavelength-Conversion Devices
3. 学会等名 The 7th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河崎進太, 本多勇介, 庄司一郎
2. 発表標題 波長変換材料LaBGeO5の2次非線形光学定数精密測定II
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松井鵬樹, 若松将吾, 庄司一郎
2. 発表標題 常温接合を用いたレーザー結晶と金属ホルダとの原子レベル接合
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永嶋一瑛, 島田学朋, 小山修平, 庄司一郎
2. 発表標題 常温接合を用いたウォークオフ補償構造BBO波長変換デバイスの作製
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高瀬大幹, 新裕貴, 窪田輝充, 庄司一郎
2. 発表標題 常温接合を用いたGaAsプレート多数枚積層擬似位相整合中赤外波長変換デバイスの開発II
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川島潤也, 加藤大樹, 庄司一郎, 古川保典
2. 発表標題 定比組成LiNbO3 及びLiTaO3の屈折率温度依存性精密測定
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 近藤健一, 浅原彰文, 王月, 庄司一郎, 美濃島薫
2. 発表標題 デュアルコム分光による光学材料の群屈折率および分散特性の精密計測
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 近藤健一, 浅原彰文, 王月, 庄司一郎, 美濃島薫
2. 発表標題 光学材料の群屈折率および分散高速測定のためのデュアルコム分光法の開発
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan (OPJ) 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川島潤也, 大野竜太郎, 庄司一郎, 古川保典
2. 発表標題 定比組成LiNbO3 及びLiTaO3の屈折率温度依存性精密測定II
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017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		
フランス	CNRS		