

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03883

研究課題名(和文)有機半導体レーザーの実現と高性能化

研究課題名(英文)Realization of organic semiconductor lasers and their improvement

研究代表者

谷垣 勝己(Tanigaki, Katsumi)

東北大学・材料科学高等研究所・名誉教授

研究者番号：60305612

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,600,000円

研究成果の概要(和文)：有機半導体レーザー発振を電流駆動で実現する事を目標として研究した。研究では、仕事関数の小さい電子注入電極と大きいホール注入電極のヘテロ電極構造を、高い両極性キャリアの注入/伝達機能と高発光機能を有する光学媒体となる有機半導体(BP3T)に適用する事により、電界駆動レーザー発振の実験的証拠を得た。レーザー発振における物理的な基本現象を議論するために、(A)ファブリペロー型共振器構造と(B)分布帰還型(DFB型)共振器構造を比較する実験を、光学励起モードと電流励起モード両方に対して遂行し、世界で最初の有機半導体における電流励起レーザー発振現象を確認する事に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電場駆動型の有機半導体レーザーは、2000年にBell研究所によりScience誌に報告されたが、その後研究は捏造として学会のスクandalになった経緯がある。しかし、この研究の概念は正しく、その後、実現に向けてさまざまな挑戦が試みられたが、成功に至らなかった困難な研究であった。本研究では詳細な実験から、有機半導体レーザーが電流励起モードで実現できる可能性を示す事に成功した。更に、電界効果トランジスタ構造で有機半導体発光素子を電子と光学の両方の観点から詳細に検討して、発振状態の詳細な確認と高性能化に向けた可能性を探求する事ができた。

研究成果の概要(英文)：We carry out the research by targeting on organic semiconductor lasers in the electrically driven mode. Experimental evidences of laser oscillations can experimentally be observed for an organic semiconductor (BP3T) with both high carrier-mobilities and highly-efficient electroluminescence using highly efficient hetero-electrodes for holes and electrons. In order to achieve the fundamental understanding of lasing, we also perform experiments of (A) Fabry Perot type optical cavity construction and (B) Distributed feed-back (DFB) cavity construction in both optical- and electrical- excitation mode, and achieve the firm evidences that organic lasers are realized.

研究分野：物性物理分野

キーワード：有機半導体 電界発光 半導体レーザー 両極性伝導 トランジスタ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

レーザー (Laser: Light Amplification by Stimulated Emission)は、C.H. Towns、A.L. Schallow 等により実現された 20 世紀の最も重要な発明の一つで、1964 年度のノーベル物理学賞が与えられている。レーザーから放出される光は、通常光とは異なり、高輝度且つ単一波長で位相が揃っているという特別な特徴を有する。現在では、レーザーは私たちの生活において不可欠なものとなっている。レーザーは、光発光媒質の種類および共振器構造によって多くの種類があり、様々なエネルギー帯域(色)の光が得られる。特に半導体レーザーは、光通信や光デバイスなど多くの用途があることから重要である。半導体レーザーの最近の進展により、レーザーはディスプレイへの応用へも期待されるようになってきている。赤/青/緑色の三原色光源のレーザーを組み合わせさせた場合、理論的には従来の液晶ディスプレイを上回る高性能化が可能であり、半値幅 1 nm 以下の 460, 530, 630 nm の光源を組み合わせさせた場合、ほとんどの自然色を包含する事ができる。また、従来の液晶ディスプレイに比べて、プロジェクター(投影型)は、液晶によって遮断される無駄な光がないため、消費電力を大幅に削減できる。しかし、無機半導体レーザーにおいて、青と赤色の高効率レーザーは実現されているが、500-600nm 領域は死の谷で、緑色の高効率の半導体レーザーは未だ実現されていない。

このような状況の中、2000 年にベル研究所の Schon, Kloc, Batlogg の研究グループから、有機半導体を用いた FET 構造でレーザー発振が実現された報告が Science 誌に掲載されて、世界的に衝撃を与えた。しかしその後、この研究は実験データ捏造である事が判明して取り消され、社会的に大きなスキャンダルとなった。しかし、原理的には実現の可能性が残された興味深い構想であり、実現された暁にはその波及効果が大きい事から、世界中の研究者はその実現に向けて努力を継続していた。有機半導体薄膜を用いた光励起モードの発振は、研究の初期から様々な形で確認されたが、2010 年以来 20 年近い年月が経過しても電場駆動モードによる有機半導体レーザー(el-OSCL)の実現は難しく、最近では無理ではないかと思われていた。el-OSCL の実現に向けた研究が成功に至っていない事情は、John M. Lupton, Nature, (2008); D. W. Samuel, Nature Photonics (2009) 等で特集されている。

2. 研究の目的

電荷効果型トランジスタを基本構造とする有機半導体レーザー(Electrical-driven Organic Semiconductor Laser: el-OSCL)は、最初に 2000 年にベル研究所から報告されたが、実際には研究の捏造事件であった事が判明して以来、世界中でその実現に向けた様々な挑戦が行なわれたが、20 年近くに渡り実現されなかった研究である。このような状況において、el-OSCL を電界効果型トランジスタ構造で実現する事は、科学的に意義があるばかりでなく、将来的な応用へ向けた重要な最初の出発点を示す事になる。本研究では、el-OSCL の最初の実現の可能性と実験の証拠を示して、様々な観点から研究を進め、その基礎的理解と性能向上をはかり、次世代の半導体レーザーとして革命的な研究の第一歩を示す事を意図する。基礎科学として多くの重要な概念を含み、応用としても重要性の高い研究である。

3. 研究の方法

2000 年に当時ベル研究所の Schon 等により捏造された el-OSCL 構造は、真性半導体有機単結晶薄膜の両端に電極を作製して、両極性キャリア(電子(e-)と正孔(h+))の注入と伝導特性を利用するものである。有機半導体内部に電子と正孔の再結合により生成する励起子状態

(エキシトン)に対して温度逆転分布を作り、レーザー発振を実現する提案であった。この提案で鍵となるアイデアは、有機半導体に電子と正孔を同時に注入するため、デバイス構造としてのpn接合が必要ない事、および Al_2O_3 酸化膜は高誘電率の絶縁体であるので、多くの数のキャリア注入が可能である。の2点である。

本研究では、特殊な有機半導体物質と電極を使用して界面修飾を施す事により、捏造の際は不可能であったこの二つの内容を実際に実現する事にある。素子構造の特徴を、以下に記載する。

(1) 真性有機半導体の中でも効率よく両極性キャリア(電子と正孔)を注入でき且つ高効率で発光するBP3Tを使用した。(捏造実験ではペンタセンが使用されているが、この物質ではel-OSCLは実現が不可能である)。

(2) SiO_2 や Al_2O_3 基板の表面は、電子を補則してしまうので、高効率の両極性のキャリア注入と伝導を実現するために、当研究グループは試行錯誤を経て最適の表面保護膜を使用する。

(3) 電極として仕事関数の小さいCa/CsF(電子注入電極)と大きいAu(ホール注入電極)の2種類のヘテロ電極を用いて、レーザー発振に必要な閾値電流 $10\text{kA}/\text{cm}^2$ 以上を実現する。

(4) レーザー発振に必要なファブリペロー共振器を高品質の有機半導体単結晶を育成する事により実現する。

(5) レーザー発振現象を詳細に議論するために、ファブリペロー共振器に加えて、ナノ構造を利用した帰還分布型共振器構造を作製して、レーザー発振の状況を詳細に検討する。

4. 研究成果

el-OSCL 実現のためには、実験方法で述べた実験技術に関して、多くの技術革新が必要であった。一般の電界発光素子(EL)がレーザーとなるためには、発光が共振器内で誘導放出により繰り返し同位相で増幅されるレーザー機構が必要である。従って、レーザー発振の証拠としては下記の3つの基本的な実験データを示す必要があった。

(1) レーザーの閾値---電場による注入電流量と発光強度との関係に明確な閾値が存在して、閾値を境として非線形に発光強度が増加する現象。

(2) 急峻な発光スペクトラム精鋭化---閾値を越えると一つの発光波長が選択されて、発光スペクトル幅が急激に狭窄化する現象。

(3) 共振器増幅---共振器の長さ(L)にレーザー発光モードが依存する現象

私たちは、数多くの物質を検討して、発光デバイスの最適化を同時に試みた。さらに、二つの発光帯域(緑発光((0-1)帯)と橙色発光(0-2)帯域)の2帯域に対して詳細な検討を繰り返した。私たちが示したファブリペロー共振器構造の電界発光デバイスの研究結果は、作製したel-OSCLがレーザー発振を実現している事を示している。さらに、分布帰還型共振器構造の電子デバイスを作製して、光励起の場合と電流励起の場合を比較する事により、レーザー発振の程度に関しても、詳細に議論する事ができた。今後、有機半導体レーザーの品質を向上させるためには、発光量子効率と両極性キャリア(電子と正孔)の高効率注入と高移動度を示す有機半導体の設計が必要である。また、自己形成型のファブリペロー型レーザー共振器を、高品質に作製するためには、光学反射に優れた端面を有する高品質な単結晶が必要である。

本研究グループの世界最初のel-OSCLの発振により、本研究は改革期を迎える事になった。今後、el-OSCLの発展と高性能化に向けて明確な目標をもって研究を進展させていく事を考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Matsushita Stephane Yu, Ichimura Kakeru, Huynh Khuong Kim, Tanigaki Katsumi	4. 巻 5
2. 論文標題 Large thermopower in topological surface state of Sn-BSTS topological insulators: Thermoelectrics and energy-dependent relaxation times	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 014205_1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.5.014205	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 N. Jansa, K.-K. Huynh, T. Ogasawara, M. Klanjsek, P. Jeglic, P. Carretta, K. Tanigaki, and D. Arcon	4. 巻 103
2. 論文標題 Electron correlations and charge segregation in layered manganese pnictide antiferromagnets showing anomalously large magnetoresistance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 064422_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.064422	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 Nagata Kazumasa, Matsushita Stephane Yu, Pan Xing-Chen, Huynh Kim-Khuong, Tanigaki Katsumi	4. 巻 5
2. 論文標題 Large-proximity-induced anomalous Hall effect in heterostructure prepared by film transfer method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 024208_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.5.024208	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 Takuma Ogasawara, Kim-Khuong Huynh, Time Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Denis Arcon, Motoi Kimata, Stephane Yu Matsushita, Kazumasa Nagata, and Katsumi Tanigaki	4. 巻 103
2. 論文標題 Large negative magnetoresistance in the antiferromagnet BaMn ₂ Bi ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 125108_1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.125108	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 Taiki Miura, Thangavel Kanagasekaran, Hidekazu Shimotani, and Katsumi Tanigaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Laser oscillation of an organic distributed-feedback laser at the edge of a mini stopband	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 052007_1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/abfb88	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 S. Chibani, D. Farina, P. Massat, M. Cazayous, A. Sacuto, T. Urata, Y. Tanabe, K. Tanigaki, A. E. Bhmer, P. C. Canfield, M. Merz, S. Karlsson, P. Strobel, P. Toulemonde, I. Paul and Y. Gallais	4. 巻 6
2. 論文標題 Lattice-shifted nematic quantum critical point in FeSe1 - xSx	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NPJ Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.094704	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 Okada Tatsunori, Imai Yoshinori, Urata Takahiro, Tanabe Yoichi, Tanigaki Katsumi, Maeda Atsutaka	4. 巻 90
2. 論文標題 Electronic States and Energy Dissipations of Vortex Core in Pure FeSe Single Crystals Investigated by Microwave Surface Impedance Measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 094704_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.094704	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 S.-H. Baek, J. M. Ok, J. S. Kim, S. Aswartham, I. Morozov, D. Chareev, T. Urata, K. Tanigaki, Y. Tanabe, B. Buchner, D. V. Efremov	4. 巻 5
2. 論文標題 Separate tuning of nematicity and spin fluctuations to unravel the origin of superconductivity in FeSe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NPJ Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-020-0211-y	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 Jiazhen Wu, Jingtao Xu and Katsumi Tanigaki	4. 巻 1
2. 論文標題 Site occupancy preference, electrical transport property and thermoelectric performance of Ba ₈ Cu ₆ Ge _{40+x} single crystals grown by using different metal fluxes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mater. Adv.	6. 最初と最後の頁 2953-2963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0MA00721H	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 Huynh Kim-Khuong, Ogasawara Takuma, Kitahara Keita, Tanabe Yoichi, Matsushita Stephane Yu, Tahara Tíme, Kida Takanori, Hagiwara Masayuki, Arcon Denis, Tanigaki Katsumi	4. 巻 99
2. 論文標題 Negative and positive magnetoresistance in the itinerant antiferromagnet BaMn(2)Pn(2) (Pn = P, As, Sb, and Bi)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 195111_1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.195111	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 Matsushita Stephane Yu, Huynh Kim-Khuong, Tanigaki Katsumi	4. 巻 99
2. 論文標題 Ultrathin films of three-dimensional topological insulators by vapor-phase epitaxy: Surface dominant transport in a wide temperature range as revealed by measurements of the Seebeck	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B 99, 195302 (2019).	6. 最初と最後の頁 195302_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.195302	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 Hui Shang, Hidekazu Shimotani, Thangavel Kanagasekaran, Katsumi Tanigaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Separation in the Roles of Carrier Transport and Light Emission in Light-Emitting Organic Transistors with a Bilayer Configuration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 20200-20204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b02298	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 Ichimura Kakeru, Matsushita Stephane Yu, Huynh Kim-Khuong, Tanigaki Katsumi	4. 巻 115
2. 論文標題 Quantum Hall effect of Dirac surface states of as-grown single crystal flakes in Sn0.02-Bi1.08Sb0.9Te2S without gate control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett. 115, 052104 (2019).	6. 最初と最後の頁 052104_1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5112120	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 H. Idzuchi, A. E. Llacsahuanga Allcca, X. C. Pan, K. Tanigaki, and Y. P. Chen	4. 巻 115
2. 論文標題 Increased Curie temperature and enhanced perpendicular magneto anisotropy of Cr2Ge2Te6/NiO heterostructures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 232403_1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5130930	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 S.-H. Baek,, J. M. Ok, J. S. Kim, S. Aswartham, I. Morozov, D. Chareev, T. Urata, K. Tanigaki, Y. Tanabe, B. Buchner, D. V. Efremov	4. 巻 5
2. 論文標題 Separate tuning of nematicity and spin fluctuations to unravel the origin of superconductivity in FeSe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NPJ Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 8_1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-020-0211-y	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 谷垣勝己、Khuong K. Huynh, 松下ステファン悠	4. 巻 5
2. 論文標題 遍歴反強磁性物質BaMn2Pn2 (Pn=As, Sb, Bi)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東北大学極低温科学センターだより:	6. 最初と最後の頁 25-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-020-0211-y	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 K-K. Huynh, T. Ogasawara, K. Kitahara, Y. Tanabe, S. Y. Matsushita, T. Tahara, T. Kida, M. Hagiwara, D. Arcon and K. Tanigaki	4. 巻 4
2. 論文標題 Itinerant Antiferromagnet BaMn ₂ Pn ₂ (Pn=As, Sb, and Bi)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Selected Topics in 2018 Research Highlight at HFLSM, Institute for Materials Reserch, Tohoku University	6. 最初と最後の頁 15-18
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 Yoshikazu Ito, Yoichi Tanabe, Katsuaki Sugawara, Mikito Koshino, Takashi Takahashi, Katsumi Tanigaki, Hideo Aoki, Mingwei Chen	4. 巻 20
2. 論文標題 Three-dimensional porous graphene networks expand graphene-based electronic device applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 6024-6033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cp07667c.	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 Heguri, Satoshi and Katsumi Tanigaki	4. 巻 47
2. 論文標題 Carrier-doped aromatic hydrocarbons: a new platform in condensed matter chemistry and physics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transaction.	6. 最初と最後の頁 2881-2895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7dt03745g	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 Yuki Matsuda, Naoya Iwahara, Katsumi Tanigaki, Liviu F. Chibotaru	4. 巻 98
2. 論文標題 Yuki Matsuda, Naoya Iwahara, Katsumi Tanigaki, Liviu F. Chibotaru, Manifestation of vibronic dynamics in infrared spectra of Mott insulating fullerides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165410_1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.165410	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

〔学会発表〕 計67件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 21件）

1. 発表者名 谷垣勝己、松田裕貴、平郡 諭
2. 発表標題 C60超電導体から見たモット絶縁体近傍で観測される超電導
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下ステファン悠、永田一将、Kim Khuong Huynh、谷垣勝己
2. 発表標題 熱電物性の磁場依存性から見たトポロジカル絶縁体表面の輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki, Yuki Matsuda, Satoshi Heguri
2. 発表標題 Superconductivity observed in the vicinity of Mott insulating states in A3C60
3. 学会等名 APS March Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Andres E Llacahuanga Alloca, Xing-Cheng Pan, Katsumi Tanigaki, Yong Chen
2. 発表標題 Gate-Tunable Anomalous Hall Effect in Van der Waals ferromagnetic insulator-topological insulator heterostructure
3. 学会等名 APS March Meeting 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Qiu Lingwei, 松下ステファン悠, 下谷秀和, 谷垣勝己
2. 発表標題 FET構造を利用した有機半導体ルブレンの熱電物性
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷垣 勝己、カナガセカラン サンガベル、三浦大輝、下谷 秀和
2. 発表標題 電流駆動有機半導体レーザ：電場励起と光励起
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 永田一将, 松下ステファン悠, Xin Chen Pan, Kim Khuong Huynh, 谷垣勝己
2. 発表標題 転写法によるBi _{1.5} Sb _{0.5} Te _{1.7} Se _{1.3} /Cr ₂ Ge ₂ Te ₆ ヘテロ構造の作製と異常ホール効果の観測
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kim-Khuong Huynh, Takuma Ogasawara, Stephane Yu Matsushita, Motoi Kimata, Time Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 The large magnetoresistance in BaMn ₂ Bi ₂ antiferromagnets and its possible origins
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷垣 勝己、三浦大輝、Thangavel Kanagasekaran、下谷 秀和
2. 発表標題 電流駆動有機半導体レーザー：電流励起と光励起
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷垣 勝己、Kanagasekaran Thangavel、下谷 秀和
2. 発表標題 電流駆動有機半導体レーザー
3. 学会等名 第69回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Tanigaki
2. 発表標題 Three-Dimensional Topological Insulators and Applications
3. 学会等名 QPQIS 2020 (International Symposium on Quantum Physics and Quantum Information Sciences) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki, Thangavel Kanagasekaran, and Hidekazu Shimotani
2. 発表標題 A new electrode for both hole and electron ambipolar injection via surface nanostructure control in carbon-based semiconductors
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal (CGCT-8) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷垣勝己, カナガセカラン, サンガベル, 下谷秀和
2. 発表標題 有機半導体レーザーの利得損失と共振状態
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原拓磨, Khuong Kim Huynh, 松下ステファン悠, 谷垣勝己
2. 発表標題 BaMn2Bi2における伝導率の磁場・温度に対するスケール
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田一将, 松下ステファン悠, Xing Chen Pan, Kim Khuong Huynh, 谷垣勝己
2. 発表標題 転写法を用いて作成したBi1.5Sb0.5Te1.7Se1.3/Cr2Ge2Te6における磁気抵抗効果の観測
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷垣 勝己、Kanagasekaran Thangavel、下谷 秀和
2. 発表標題 有機半導体レーザーの利得損失と共振状態
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 下谷 秀和、三浦 大輝、カナガセカラン サンガベル、谷垣 勝己
2. 発表標題 有機DFBレーザーにおけるミニストップバンド端でのレーザー発振
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 Katsumi Tanigaki, Yuki Matsuda, Satoshi Heguri
2. 発表標題 Electron-phonon and electron-electron interactions in electron doped aromatic carbon materials viewed from electrical transport
3. 学会等名 APS March Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Andres Llacahuanga Allcca, Hiroshi Idzuchi, Xing Chen Pan, Katsumi Tanigaki, Yong Chen
2. 発表標題 Wrinkle formation and its effect on the magnetic properties of Cr ₂ Ge ₂ Te ₆ /NiO heterostructures
3. 学会等名 APS March Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 Electron-phonon and electron-electron interactions in electron doped aromatic carbon materials viewed from electrical transport
3. 学会等名 Study of matter at Extreme Condition (SMC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 A new concept of electrode for highly efficient ambipolar carrier injection in organic semiconductors
3. 学会等名 2019 MRS Spring Meeting & Exhibit
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 High Quality Single Crystal Thin Films of Three-Dimensional Topological Insulators and Applications
3. 学会等名 AIMR Workshop on Quantum Materials and Spintronics: Spin, Topology and Superconductivity
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣 勝己
2. 発表標題 BaMn ₂ Pn ₂ (Pn=As, Sb and Bi)における磁場誘起による電荷融解
3. 学会等名 J-Physics地域研究会 - 札幌
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣 勝己
2. 発表標題 高品質3次元トポロジカル絶縁体の合成と応用
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣勝己, カナガセカラン, サンガベル, 三浦大輝, 下谷秀和
2. 発表標題 電界駆動有機半導体レーザー: 帰還分布型FETにおける光励起と電流励起の比較
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松下ステファン悠, 市村翔, 永田一将, Kim-Kuong Huynh, 谷垣勝己
2. 発表標題 Sn-Bi _{1.1} Sb _{0.9} Te ₂ Sにおける表面ディラック電子による量子ホール効果とゼーベック係数
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原拓磨, Huynh Kim-Khuong, 松下ステファン悠, 田原大夢, 木田孝則, 萩原政幸, 谷垣勝己
2. 発表標題 BaMn ₂ Bi ₂ における面間輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.-Khuong Huynh, T. Ogasawara, Stephane Yu Matsushita, T. Tahara, T. Kida, M. Hagiwara, K. Tanigaki
2. 発表標題 Negative and positive magnetoresistance in BaMn ₂ Pn ₂ antiferromagnets
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣 勝己、カナガセカラン サンガベル、三浦 大輝、下谷 秀和
2. 発表標題 有機半導体レーザ：光励起と電流励起
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 谷垣勝己
2. 発表標題 電流駆動有機半導体レーザの実現に向けて
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第16回研究集会「新時代に向けた薄膜材料のデバイス技術」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki and Jiazhen Wu
2. 発表標題 Thermoelectric Materials with Large Anharmonic Phonons
3. 学会等名 2019 MRS Fall Meeting & Exhibit
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Tanigaki, S. Y. Matsushita, Y. Tanabe, K. K. Khuong
2. 発表標題 Single Crystal Thin Films of Three-Dimensional Topological Insulators via Non-catalytic Vapor Phase Epitaxial Crystal Growth and Applications
3. 学会等名 MRS-J MATERIALS RESEARCHMEETING 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Tanigaki, S. Heguri, Y. Matsuda
2. 発表標題 Electron-Phonon and Electron-Electron Interactions in Electron Doped Aromatic Carbon Materials viewed from Electrical Transport
3. 学会等名 MRS-J MATERIALS RESEARCHMEETING 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidekazu SHIMOTANI, Kanagasekaran THANGAVEL, Shun ONUKI, Taiki MIURA, Katsumi TANIGAKI
2. 発表標題 Development of Organic-semiconductor injection laser
3. 学会等名 MRS-J MATERIALS RESEARCHMEETING 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣 勝己
2. 発表標題 炭素系分子超伝導体の構造と物性
3. 学会等名 つくば-柏-本郷 超伝導かけはしプロジェクト ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷垣 勝己、三浦 大輝、下谷 秀和
2. 発表標題 有機半導体レーザー：レーザー発振とASE
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 井土 宏、Llacsahuanga Allcca Andres、Pan Xing-chen、谷垣 勝巳、Chen Yong P
2. 発表標題 2次元磁性体Cr ₂ Ge ₂ Te ₆ 界面の誘起する強磁性転移温度上昇
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 谷垣勝巳, カナガセカラン サンガベル, 三浦大輝, 下谷秀和
2. 発表標題 有機半導体レーザー: レーザ発振とASE
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松下ステファン悠, 市村翔, 永田一将, Kim-Kuong Huynh, 谷垣勝巳
2. 発表標題 熱電係数によるSn _{0.02} -Bi _{1.08} Sb _{0.9} Te ₂ S表面状態の散乱機構の解明
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki, Thangavel Kanagasekaran, Hidekazu Shimotani
2. 発表標題 A new concept of electrodes for ambipolar carrier injection in organic semiconductors
3. 学会等名 E MRS 2018 Spring Meeting (Strasbourg, France) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Tanigaki, S. Heguri, Y. Matsuda
2. 発表標題 Interplay between electron-phonon and electron-electron interactions in electron doped aromatic carbon materials viewed from electrical transport probe
3. 学会等名 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (M2S HTSC 2018) (Beijing, China) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷垣勝己
2. 発表標題 有機半導体の進展：現状と将来（まとめと今後の展望）
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松下ステファン悠、Khuong Kim Huynh、田邊洋一、谷垣勝己
2. 発表標題 Bi _{2-x} SbxTe _{3-y} Se _y 薄膜の熱電特性：電界効果を用いたフェルミ準位の制御とその影響
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 市村翔、松下ステファン悠、谷垣勝己
2. 発表標題 3次元トポロジカル絶縁体Sn _{0.02} Bi _{1.08} Sb _{0.9} Te ₂ Sの電子輸送特性：電気抵抗、ホール抵抗、磁気抵抗及びゼーベック係数の複合測定
3. 学会等名 日本物理学2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小笠原拓磨、Khuong Kim Huynh、谷垣勝己、松下ステファン悠、田原大夢、木田孝則、萩原正幸
2. 発表標題 BaMn ₂ Bi ₂ におけるホール抵抗の面内磁場依存性
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.-Khuong Huynh, T. Ogasawara, T. Tahara, T. Kida, M. Hagiwara, K. Tanigaki
2. 発表標題 Giant magnetoresistance in magnetic multipolar BaMn ₂ Pn ₂ (Pn = As, Sb, Bi)
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷垣勝己、平郡諭、松田祐貴
2. 発表標題 電気輸送および磁気特性からみたモット絶縁体領域のA ₃ C ₆₀ 超電導体の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷垣勝己、下谷秀和、Thangavel Kanagasekara、小貫駿、三浦大輝
2. 発表標題 電流駆動有機半導体レーザの構造と物性
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会、同志社大学（京田辺市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷垣 勝己、松田 祐貴、平郡 諭
2. 発表標題 電気輸送特性からみたA3C60のモット境界における電子状態
3. 学会等名 第55回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム、東北大学(仙台市)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷垣 勝己、カナガセカラン サンガベル、小貫 駿、三浦 大輝、下谷 秀和
2. 発表標題 電場駆動有機半導体レーザーの特性
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場(名古屋市)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下谷 秀和、カナガセカラン サンガベル、小貫 駿、三浦 大輝、谷垣 勝己
2. 発表標題 電流励起と光励起有機半導体レーザーの比較
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場(名古屋市)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki, Khuong Kim Huynh, Takuma Ogasawara, Keita Kitahara, Stephane Yu Matsushita, Taimu Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Denis Arcon
2. 発表標題 Itinerant antiferromagnetic BaMn ₂ Pn ₂ showing both negative and positive large magnetoresistance,
3. 学会等名 J-physics International Workshop University of Otago (Dunedin, New Zealand) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Khuong Huynh, Takuma Ogasawara, Stephane Yu Matsushita, Taimu Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Denis Arcon, Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 Giant magnetoresistance in BaMn ₂ Pn ₂ (Pn = As, Sb, Bi)
3. 学会等名 APS March Meeting 2019, Boston Convention and Exhibition Center (Boston, USA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuma Ogasawara, Khuong Huynh, Stephane Yu Matsushita, Taimu Tahara, Takanori Kida, Masayuki Hagiwara, Denis Arcon, Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 Hall effects in giant magnetoresistance system BaMn ₂ Bi ₂
3. 学会等名 APS March Meeting 2019, Boston Convention and Exhibition Center (Boston, USA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki, Thangavel Kanagasekaran, Syun Onuki, Taiki Miura, Hidekazu Shimotani
2. 発表標題 A new concept of electrodes for ambipolar carrier injection in organic semiconductors
3. 学会等名 APS March Meeting 2019, Boston Convention and Exhibition Center (Boston, USA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taiki Miura, Thangavel Kanagasekaran, Hidekazu Shimotani, Syun Onuki, Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 Comparative studies on fluorescent emission of organic semiconductors between optical and electrical pumping
3. 学会等名 APS March Meeting 2019, Boston Convention and Exhibition Center (Boston, USA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Stephane Yu Matsushita, Khuong Huynh, Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 Seebeck effect in 3D topological insulator thin films
3. 学会等名 APS March Meeting 2019, Boston Convention and Exhibition Center (Boston, USA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Iwahara, Yuki Matsuda, Katsumi Tanigaki
2. 発表標題 Manifestation of vibronic dynamics in infrared spectra of Mott insulating fullerenes
3. 学会等名 APS March Meeting 2019, Boston Convention and Exhibition Center (Boston, USA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣 勝己、カナガセカラン サンガベル、下谷 秀和、小貫 駿、三浦 大輝
2. 発表標題 有機半導体レーザー発振における電流励起と光励起の相関
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学（東京）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下谷 秀和、カナガセカラン サンガベル、小貫 駿、三浦 大輝、谷垣 勝己
2. 発表標題 FET構造による電流注入型有機半導体DFBレーザー
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、（東京）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下谷秀和、カナガセカランサンガベル、小貫駿、三浦大輝、谷垣勝己
2. 発表標題 電流注入型有機半導体DFBレーザー
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会、九州大学（福岡市）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田邊洋一、伊藤良一、谷垣勝己
2. 発表標題 窒素ドーピングした3次元ナノ多孔質グラフェンの輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会、九州大学（福岡市）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷垣勝己、サンガベルカナガセカラン、下谷秀和、小貫駿、三浦大輝
2. 発表標題 有機半導体レーザー発振における電流励起と光励起の相関
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会、九州大学（福岡市）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 市村翔、松下ステファン悠、永田一秀、谷垣勝己
2. 発表標題 3次元トポロジカル絶縁体Sn-BiSbTe ₂ Sの電子輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会、九州大学（福岡市）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Tanigaki
2. 発表標題 Preparation of 3D topological insulator thin films by vapor phase epitaxial growth and its application to thermoelectrics
3. 学会等名 The Second International Workshop Emergent Condensed-Matter Physics (ECPM2019), Sakura Art and Culture Hall (Higashi Hiroshima) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki (Key Note Speaker)
2. 発表標題 Single crystal thin films of three-dimensional topological insulators via non-catalytic vapor phase epitaxial crystal growth
3. 学会等名 Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC2019), Conference Center, Celebrity Equinox (Miami, USA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsumi Tanigaki (Invited)
2. 発表標題 Electron-phonon and electron-electron interactions in electron doped aromatic carbon materials viewed from electrical transport
3. 学会等名 Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC2019), Conference Center, Celebrity Equinox (Miami, USA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019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
研究 分 担 者	下谷 秀和 (Shimotani Hidekazu) (60418613)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	経理関連は、理学研究科で行なわれた。

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			
スロベニア	Jozef Stefan Institute			
インド	IISER			