

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02798

研究課題名(和文) 高圧下での固体電子構造変調によるユニークな光物性発現

研究課題名(英文) Unique optical properties by electronic structure modulation of solids under high pressure

研究代表者

田部 勢津久 (Setsuhisa, Tanabe)

京都大学・人間・環境学研究所・教授

研究者番号：20222119

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：微小蛍光体試料をダイヤモンドアンビルセルDACの中に設置し、高圧印可時の試料の蛍光特性の測定系を確立した。それにより様々な発光試料の蛍光、残光特性の圧力依存性を評価した。遷移金属Cr³⁺イオン添加LaGaO₃ペロブスカイトや希土類Ce³⁺添加YAGGガーネット残光蛍光体の作製を行い、その蛍光ピーク波長エネルギーや残光寿命の印可圧力依存性をDACを用いて測定した。印可圧力はルビー蛍光法で測定した。試料の光物性の圧力印可による様々な変調を発見し、それらはd軌道の結晶場強度変化、Ce³⁺励起5d準位の分裂や発光始準位軌道とホスト結晶伝導帯との相対関係の変化により考察、多くの国際論文誌で出版報告した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで多くの蛍光体、半導体材料の光物性研究は、化学組成・結晶構造と温度を変数として物性調査を行う研究が主であった。しかし物質の化学ポテンシャル μ が圧力、温度双方の関数であるように、固体の μ に相当するFermiエネルギーや固体電子構造パラメータ全般も両者の関数である。本研究では蛍光体材料を対象とし、温度のみならず圧力を変化させた時の電子構造変化によって誘起される新しい光物性の発現を実証し、その機構を電子構造変化の観点からの解明を試みた。蛍光体材料は、ディスプレイ、放射線検出器、LED照明など生活のあらゆるところで重要な材料であり、このような材料基礎物性研究は新材料の開発に資する。

研究成果の概要(英文)：Changing the electronic structure of matters by pressure and the accompanying changes in optical properties attract much interest. We report the change in energy position of the host conduction band and the crystal field splitting of the Ce³⁺:5d excited level in YAGG:Ce³⁺ by applying pressure, which results in the red shift of Ce³⁺:5d-4f luminescence and increase of quenching temperature as well as dramatic change in the persistent luminescence performance by either Cr³⁺ or Yb³⁺ codoping into the phosphors. The different trap depths formed by Cr³⁺ and Yb³⁺ affect the initial persistent luminescence intensity and duration. For the Yb³⁺ codoped phosphor, the slope of persistent decay curve becomes more gentle with increasing pressure, while by Cr³⁺ codoping the slope becomes steeper. The results indicate that the trap depth of Yb³⁺ becomes deeper and that of Cr³⁺ becomes shallower with increasing pressure. Based on the pressure dependence, the electronic structures were discussed.

研究分野：無機材料科学、光機能性材料

キーワード：高圧光物性 ペロブスカイト d-d遷移 蛍光体 長残光 5d-4f遷移 ガーネット ダイヤモンドアンビルセル

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで多くの発光材料や半導体材料の光物性研究は、化学組成・結晶構造と温度を変数として物性調査を行う研究が主体であった。しかし物質の Gibbs エネルギーや化学ポテンシャルが圧力、温度双方の関数であるように、固体の化学ポテンシャルに相当する Fermi エネルギーやそれを含む固体電子構造パラメータ全般も両者の関数である。

ディスプレイ、蛍光灯照明、放射線検出シンチレータ、発光ダイオード(LED)照明など生活のあらゆるところで無機蛍光体は重要な要素材料であり、用途に応じた光物性を示す材料開発、機能改善研究が行われている。例えば LED 照明用の蛍光体においては、窒化物 LED チップ温度が 200°C 近くに達するため、室温物性のみならず高温において発光効率低下(温度消光)しない材料が求められ、励起状態における電子占有率分布や発光にかかわる種々の物性パラメータの温度・組成依存性とそれに伴う温度消光原因およびその化学組成・電子構造依存性の調査が重要であり、これまでに局在発光中心の基底および振動ポテンシャル放物線を用いた配位座標モデルなど何種類かのモデルによる物性の温度依存性説明が行われてきた。

例えば $4f^1$ 電子配置を有する Ce^{3+} イオンは非対称結晶場で 5 本($2l+1=5$: l は方位量子数)に分裂する 5d 軌道($l=2$)を励起準位として有し、このうち最低励起準位である 5d₁ 準位が発光始準位となり、5d₁ → 4f ($^2F_{5/2, 7/2}$) の Laporte 許容遷移による高断面積の発光を示す。輻射遷移確率が高く、かつ始準位の下準位(4f)とのエネルギーギャップが十分広い故に、他の希土類 3 価イオンの殆どの 4f-4f 遷移による発光に比べて、多フォノン無輻射緩和確率は無視できるほど小さくなり、結果として高い量子効率を示す蛍光体材料が多い。つい 10 年前までは無輻射過程として、励起 5d₁ 準位の振動ポテンシャルエネルギー放物線が基底 4f 準位放物線と交差する交点を越える活性化エネルギーにより、量子効率の温度依存性(温度消光)が説明されてきた。ところが、20 世紀終盤の高出力青色 LED の発明・実用化に伴う白色 LED の開発とその光源効率向上(蛍光体の 80 lm/W を上回った)、またそのことにより白色 LED 電球の普及実用化が本格的となった 2008 年頃より少し前から、その主役蛍光体である Ce^{3+} 添加 $Y_3Al_5O_{12}$ ガーネット(YAG: Ce^{3+}) および関連固溶体組成の蛍光体の探索研究が盛んにされてきた。

2. 研究の目的

物質の化学ポテンシャルは圧力、温度双方の関数であるため、固体材料の Fermi エネルギーや電子占有率を含む電子構造パラメータ全般も両者の関数である。本研究では母体の伝導帯や価電子帯との相互作用が期待される最外殻励起 d 軌道準位が発光遷移に関与する遷移金属(3d)や希土類イオン(5d)を活性中心とする蛍光体材料を対象とし、高圧印可による電子構造変化によって誘起される光物性の変化や新しい物性発現を実証する。そしてその機構を、圧力印可に伴う母体の電子構造変化と局在中心の d 電子軌道の結晶場分裂変化および両者の相互作用の観点から解明する。これまで機能性発光材料の固体電子物性に関わる発光挙動は化学組成(結晶構造)によって決定される電子構造と温度の関数として取り扱われることが多かった。ところで固体の Fermi エネルギー ϵ_F はその化学ポテンシャル、 μ と同義であり、熱力学の基礎方程式によれば、 μ は Gibbs エネルギー G と同様に圧力 p と温度 T の関数であり、その微分係数は体積 V とエントロピー $-S$ (正確にはマイナス S) である。すなわち G については、

$$dG = Vdp - SdT$$

が成立し、これを化学ポテンシャル μ に拡張すると

$$d\mu = V_m dp - S_m dT$$

となる。ここで V_m , S_m はモル体積、モルエントロピーである。半導体や絶縁体固体において、 ϵ_F のそれぞれ上と下に位置する伝導帯と価電子帯は、同じく圧力印可によって上昇(係数であるモル体積 V_m は常に正)すると予想される。また固体中の局在発光中心である遷移金属の d 軌道の結晶場分裂 $10Dq$ も圧縮により大きくなることが知られている。3d 遷移金属であれば、励起準位の上昇が起こると予想されるが、希土類の励起 5d 準位であれば、発光始準位となる最低励起 5d₁ 準位は全 5 本の重心位置から相対的に下がると期待できる。本研究では、これまで材料研究であまり取り上げられることのなかった μ のもう一方の支配因子である圧力 p を変数として、蛍光体の固体電子構造の変調を行うことで、光イオン化確率およびトラップ深さの調整を行い、ホスト化学組成や温度の変化によらない光機能発現を目指す。

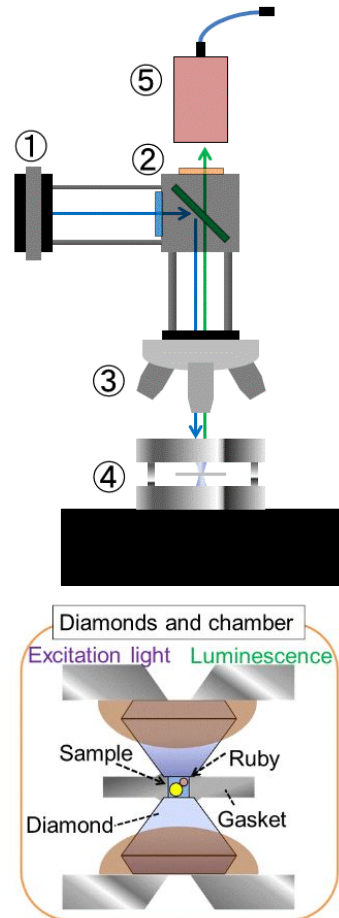
本研究では蛍光体材料を対象とし、温度のみならず圧力を変化させた時の電子構造変化によって誘起される新しい光物性の発現を実証し、その機構を電子構造変化の観点から解明する。

3. 研究の方法

試料に圧力印可して分光測定するための高圧用ダイヤモンドアンビルセル(DAC)を購入して、これまでの実験以上に微弱な長残光を検出するために、光学顕微鏡を改造して右図の様な高感度検出用の光学系を自作した。青色 LD を蓄光と励起用の光源として用い、対物レンズで DAC 内の微細試料に照射する。発光はコリメータレンズを用いて検出側へ送り、PL スペクトルは既存の分光器で保存、圧力印可による PL 波長変化から 5d-4f エネルギー差を求め、両準位の圧力依存性を決定した。始めに、常圧で発光を示す Ce^{3+} 添加 $Y_3Al_2Ga_3O_{12}$ ガーネット(YAGG)

と非発光の $Y_3Ga_5O_{12}$ ガーネット (YGG) を対象とした。前者において Ce の $5d_1$ 準位 = 発光始準位は伝導帯 CB の下に位置するので、両者のエネルギー差 (Ga 量 x に依存) に応じた温度消光が起こると予測した。YGG($x=5$) においては先述した理由により、 $5d_1$ 準位とホスト CB が縮退しているため、発光始準位に励起された電子は光電流に変換され、常温では発光しない。しかし圧力印可によってホスト CB 下端と Ce^{3+} の $4f$ 基底状態エネルギーおよび $5d$ 励起状態 (の 5 種の重心) 位置は、ある比例係数にしたがって単調増加するはずである。比較と後者の圧力依存性。しかしルビー中の Cr^{3+} の $3d$ 軌道と同様に Ce^{3+} の励起 $5d$ 軌道もまた圧力印可によって分裂が増大するはずであり、その場合、最低 $5d_1$ 準位の上昇 (圧力微分) 係数は他の準位のそれよりも小さくなる可能性がある。

次に研究対象として、 Cr^{3+} や Yb^{3+} イオンなど異なる電子トラップ深さを形成する元素を共添加した YAGG 系蓄光型蛍光体を選び、固相反応により試料作製した。Ga 組成 x により CB 下端位置が変えられるので、常圧において残光を示さない組成を選択した。微弱な残光蛍光は光電子倍增管 PMT で検出し、その電流信号をオシロスコープで強度の時間依存性を保存した。残光減衰データは両対数プロットし、傾きから Yb など共添加イオンの電子トラップ深さの圧力依存性を求めた。CB 下端との相対関係から電子トラップエネルギー準位の圧力依存性を求める。常圧で浅過ぎるトラップは短い減衰時間を示すが、高压印可で CB とのギャップが広がると長残光を実現できる可能性がある。測定手法が確立したので、材料系をガーネット以外に拡張し、これまでに開発した $LaGaO_3:Cr$ 系ペロブスカイトについても DAC 測定系で発光特性を系統的に調査し、各種電子構造パラメータの圧力依存性を系統的に考察した。



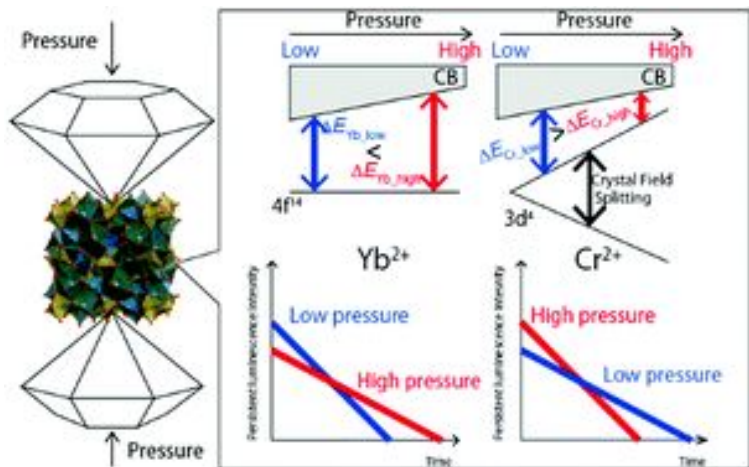
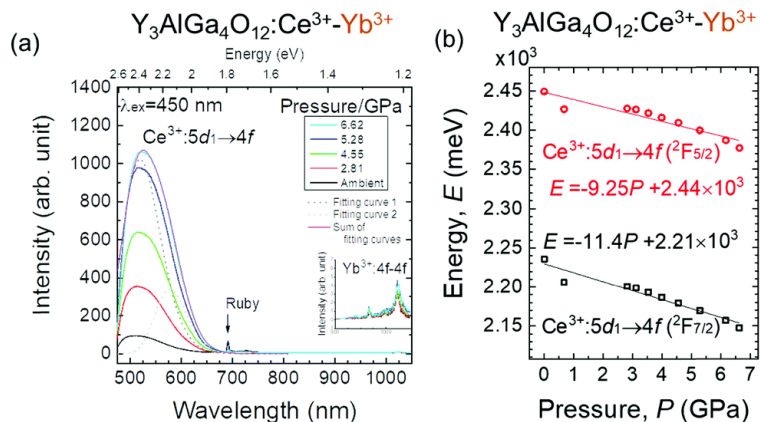
4. 研究成果

(1) Ce^{3+} 添加ガーネット蛍光体

圧力印可により非発光であった YGG 中の Ce^{3+} イオンは $5d_1 \rightarrow 4f$ 遷移発光 PL を示すようになり、印可圧力上昇と共に強度は増大、発光波長は長波長シフトした。すなわち伝導帯 CB 下端と $5d_1$ 準位の縮退が解け、エネルギー差が増大して、光電流転換による無輻射損失確率が低下、一方 $5d$ 軌道結晶場分裂の増大により、基底 $4f$ 準位とのエネルギー差は減少したといえる。

同系列組成のガーネットに電子トラップとして Yb^{3+} や Cr^{3+} を共添加した YAGG 試料においては PL のみならず長残光蛍光も示す事を報告しているが [1,2], 圧力印可によって前者では残光の長寿命化が、前者では初期強度の増加と短寿命化、という全く逆の圧力依存性が観測された。

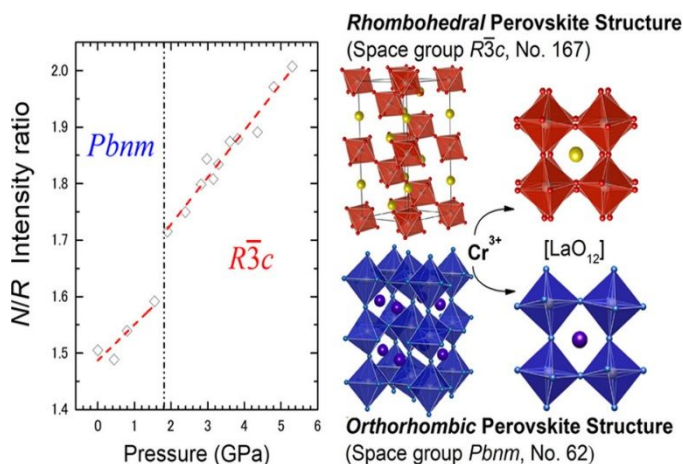
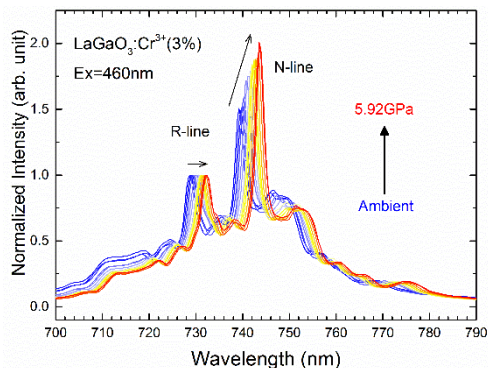
電子トラップした状態ではそれぞれの共添加イオンは Yb^{2+} , Cr^{2+} の状態になるが、その基底状態電子配置は $4f^{14}$ と $3d^4$ である。前者はランタノイド $4f$ 軌道に共通の特徴で外場の影響を受けにくいのに対し、後者は八面体結晶場で $t_{2g}^3 e_g^1$ の電子配置をとると考えられる。圧力印可によりホスト CB 下端位置が上昇するのは両方の系で共通であるため、Yb 共添加系ではトラップ深さが単純に深くなると考えられるが、Cr トラップにおいては $3d$ 軌道のうち、低スピン配置とな



る t_{2g} 軌道ではなく、高エネルギー側の e_g 軌道が電子を収容するため、この軌道エネルギー位置と CB 下端の差がトラップ深さを決定すると考えられる[3]。したがって、圧力印可による $10Dq$ の増大に伴う e_g エネルギー位置の上昇が、CB 下端位置の上昇を上回っていたため、4f 軌道が電子収容トラップ軌道として働く Yb^{3+} と異なり、 Cr^{3+} ではトラップが浅くなったため、長残光挙動の圧力変化に全く逆の挙動が現れたと考察できる。

(2) Cr^{3+} 添加 $LaGaO_3$ ペロブスカイト蛍光体

同ホスト中では結晶場 Racah パラメータ B の大きな違いのため、 Cr^{3+} の R 線は圧力センサであるルビー（波長 $\sim 693\text{nm}$ ）と大きく異なり、波長 730nm 付近に位置するため、DAC 中で共存した状態でデータを得ることができる。またペロブスカイト構造中で Cr^{3+} が置換固溶する八面体 B サイトが頂点共有していることにより、ペア発光 (N 線) を 740nm 付近に観測することができる。 R 線 N 線どちらのピーク波長も圧力上昇と共に長波長シフトした。また N/R 強度比は上昇、 2GPa 付近で不連続な変化(上昇)を示した。同試料のラマンスペクトルの圧力依存性を同じ系で測定したところ、斜方晶 $Pbnm$ 相から単斜晶 $R\bar{3}c$ 相への明確な構造相転移が 2GPa 付近で認められた。同ペロブスカイト構造中で頂点共有する GaO_6 八面体のチルト角は高压相で 180° に近づくことがわかっているが、 $Cr-O-Cr$ 角の直線化に伴い、 $O:2p$ 軌道を介した $Cr:3d$ 軌道間の超交換相互作用が上昇したことによる変化であると考察した[4]。



<引用関連文献>

- [1] J. Ueda, K. Kuroishi, S. Tanabe, "Bright persistent ceramic phosphors of Ce^{3+} - Cr^{3+} -codoped garnet able to store by blue light", *Appl. Phys. Lett.* 104, (2014) 101904(4p).
- [2] J. Ueda, S. Miyano, S. Tanabe, "Formation of Deep Electron Traps by Yb^{3+} Codoping Leads to Super-Long Persistent Luminescence in Ce^{3+} -Doped Yttrium Aluminum Gallium Garnet Phosphors", *ACS Appl. Mater. Interfaces* 10[24], (2018) 20652-20660.
- [3] J. Ueda, M. Harada, S. Miyano, A. Yamada, S. Tanabe, "Pressure-Induced Variation of Persistent Luminescence Characteristics in $Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}:Ce^{3+}-M^{3+}$ ($M=Yb, Cr$) Phosphors: Opposite Trend of Trap Depth for 4f and 3d Metal Ions", *Phys. Chem. Chem. Phys.* 22, (2020) 19502-19511.
- [4] H. Hua, J. Ueda, J. Xu, M. Back, S. Tanabe, "High-Pressure Photoluminescence Properties of Cr^{3+} -Doped $LaGaO_3$ Perovskites Modulated by Pressure-Induced Phase Transition", *Inorg. Chem.* 60[24], (2021) 19253-19262.
- [5] T. Wu, H. Hua, J. Ueda, S. Tanabe, S. Matsuishi, "Pressure-dependent photoluminescence of Eu-activated aluminate hydride $Sr_{3-x}A_xAlO_4H:Eu^{2+}$ ($A=Ca, Ba; x=0, 1$): Application of advanced U-determination technique for luminescence wavelength prediction", *J. Appl. Phys.* 132[8], (2022) 083104 (9p).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Y. Kitagawa, J. Ueda, S. Tanabe	4. 巻 219
2. 論文標題 Blue persistent phosphor of YSiO ₂ N:Ce ³⁺ developed by co-doping Sm ³⁺ or Tm ³⁺ ions and thermoluminescence analysis of their trap distributions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi A	6. 最初と最後の頁 2100670:1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssa.202100670	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 T. Wu, H. Hua, J. Ueda, S. Tanabe, S. Matsuishi	4. 巻 132
2. 論文標題 Pressure-dependent photoluminescence of Eu-activated aluminate hydride Sr _{3-x} AxAlO ₄ H:Eu ²⁺ (A=Ca, Ba;x=0,1): Application of advanced U-determination technique for luminescence wavelength prediction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 083104:1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0102219	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. Kozuka, J. Ueda, S. Tanabe,	4. 巻 633
2. 論文標題 Multimodal Deep Red Luminescent Ratiometric Thermometer of LaAlO ₃ Doped with Mn ⁴⁺	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physica B: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 413492:1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physb.2021.413492	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. Hua, J. Ueda, J. Xu, M. Back, S. Tanabe	4. 巻 60
2. 論文標題 High-Pressure Photoluminescence Properties of Cr ³⁺ -Doped LaGaO ₃ Perovskites Modulated by Pressure-Induced Phase Transition"	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 19253-19262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c03074	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 M. Back, J. Ueda, H. Hua, S. Tanabe	4. 巻 129
2. 論文標題 Predicting the Optical Pressure Sensitivity of 2E-4A2 Spin-Flip Transition in Cr ³⁺ Doped Crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 3379-3385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.1c00678	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 M. Back, J. Ueda, H. Nambu, M. Fujita, A. Yamamoto, H. Yoshida, H. Tanaka, M. G. Brik, S. Tanabe	4. 巻 9
2. 論文標題 Boltzmann Thermometry in Cr ³⁺ Doped Ga ₂ O ₃ Polymorphs: The Structure Matters!	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 2100033-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202100033	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 Y. Masubuchi, S. Nishitani, S. Miyazaki, H. Hua, J. Ueda, M. Higuchi, S. Tanabe,	4. 巻 13
2. 論文標題 Large red-shift of luminescence from BaCN ₂ :Eu ²⁺ red phosphor under high pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Express	6. 最初と最後の頁 042009(1-3)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab8055	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 J. Ueda, M. Harada, S. Miyano, A. Yamada, S. Tanabe	4. 巻 22
2. 論文標題 Pressure-Induced Variation of Persistent Luminescence Characteristics in Y ₃ Al _{5-x} Ga _x O ₁₂ :Ce ³⁺ -M ³⁺ (M=Yb, Cr) Phosphors: Opposite Trend of Trap Depth for 4f and 3d Metal Ions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 19502-19511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP03520C	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 J. Ueda, J. Leano, C. Richard, K. Asami, S. Tanabe, R. Liu	4. 巻 7
2. 論文標題 Broadband Near-Infrared Persistent Luminescence of Ba[Mg ₂ Al ₂ N ₄] with Eu ²⁺ and Tm ³⁺ after Red Light Charging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Mater. Chem. C	6. 最初と最後の頁 1705-1712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8TC06090H	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 L. Li, V. Castaing, D. Rytz, A. D. Sontakke, Y. Katayama, S.Tanabe, M. Peng, B. Viana,	4. 巻 102
2. 論文標題 Tunable trap depth for persistent luminescence by cationic substitution in Pr ³⁺ :K _{1-x} NaxNbO ₃ perovskites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Am. Ceram. Soc.	6. 最初と最後の頁 2629-2639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.16116	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 M. Back, J. Ueda, J. Xu, K. Asami, L. Amidani, E. Trave, S. Tanabe,	4. 巻 123
2. 論文標題 Uncovering the Origin of the Emitting States in Bi ³⁺ -Activated CaMO ₃ (M=Zr, Sn, Ti) Perovskites: Metal-to-Metal Charge Transfer versus s-p Transitions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 14677-14688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b03940	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 J. Ueda, S.Tanabe,	4. 巻 1
2. 論文標題 Review of luminescent properties of Ce ³⁺ -doped garnet phosphors: New insight into the effect of crystal and electronic structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Opt. Mater. X	6. 最初と最後の頁 100018(1-19)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.omx.2019.100018	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 M Back, J Ueda, E. Ambrosi, L. Cassandro, D. Cristofori, R. Ottini, P. Riello, G.Sponchia, K. Asami, S. Tanabe, E. Trave,	4. 巻 31
2. 論文標題 Lanthanide-doped Bismuth-Based Fluoride Nanocrystalline Particles: Formation, Spectroscopic Investigation and Chemical Stability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Mater.	6. 最初と最後の頁 8504-8514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.9b03164	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 M. Back, J. Ueda, J. Xu, D. Murata, M. G. Brik, S. Tanabe,	4. 巻 11
2. 論文標題 Ratiometric Luminescent Thermometers with Customized Phase-Transition Driven Fingerprint in Perovskite Oxides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 38937-38945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b13010	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 J. Ueda, A. Hashimoto, S. Tanabe,	4. 巻 123
2. 論文標題 Orange Persistent Luminescence and Photodarkening Related to Paramagnetic Defects of Nondoped CaO-Ga ₂ O ₃ -GeO ₂ Glass	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 29946-29953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b07638	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 M. Back, J. Ueda, J. Xu, K. Asami, M. G. Brik, S. Tanabe	4. 巻 8
2. 論文標題 Effective Ratiometric Luminescent Thermal Sensor by Cr ³⁺ Doped Mullite Bi ₂ Al ₄ O ₉ with Robust and Reliable Performances	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Adv. Opt. Mater.	6. 最初と最後の頁 2000124(1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.202000124	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23件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 16件）

1. 発表者名 S. Tanabe, M. Back
2. 発表標題 Oxide thermometers based on Cr ³⁺ luminescence with high sensitivity
3. 学会等名 Materials Science & Technology 21 (MS&T21) (Columbus (Online), Oct 17-21, 2021) Invited (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Tanabe
2. 発表標題 Pressure Dependence of Electronic Structures and Luminescence Characteristics of Garnet
3. 学会等名 The Global Summit on Condensed Matter Physics (CONMAT2021) (Valencia (Online), Oct 18-20, 2021) Plenary Talk (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Tanabe
2. 発表標題 Long persistent luminescence and photochromism in Eu ²⁺ -Dy ³⁺ co-doped barium silicate glass ceramic phosphor
3. 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) (Online, Dec 12-17, 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 J. Xu, D. Murata, M. Back, J. Ueda, M. Brik, S. Tanabe,
2. 発表標題 Ratiometric Optical Thermometer Based on Exchange-Coupled Cr ³⁺ pairs in LaAlO ₃ : Old Story Approaching New Application
3. 学会等名 The Eleventh International Conference on High-Performance Ceramics (CICC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe
2. 発表標題 Rare-Earths Doped Glass and Ceramic Materials for Telecommunication and Lighting
3. 学会等名 25th Int'l Congress on Glass (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe, K. Asami, J. Ueda,
2. 発表標題 Long persistent luminescence and blue photochromism in Eu ²⁺ -Dy ³⁺ codoped barium silicate glass ceramic phosphor
3. 学会等名 25th Int'l Congress on Glass (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Back , J. Ueda, S. Tanabe
2. 発表標題 Cr ³⁺ -doped Bi ₂ Al ₄ O ₉ : Temperature and Pressure Sensing Investigation
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2019年 年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Xu, J. Ueda, S. Tanabe,
2. 発表標題 Ratiometric Optical Thermometer Based on Exchange-Coupled Cr ³⁺ pairs in LaAlO ₃
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2019年 年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Xu, D. Murata, B. So, J. Ueda, J. Heo, S. Tanabe,
2. 発表標題 1.2 μm Persistent Luminescence of Ho ³⁺ in LaAlO ₃ and LaGaO ₃ Perovskite
3. 学会等名 EMN Meeting on Nanoparticles 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe,
2. 発表標題 Electronic transitions of rare-earth ions in active media
3. 学会等名 The 1st North American Summer School on Photonic Materials (国際ガラス学会NASSPMフォトニクス材料に関する北米サマースクール) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Back, J. Ueda, S. Tanabe,
2. 発表標題 Cr ³⁺ -activated Phosphors: Advanced Ratiometric Luminescent Thermometers for Biological Applications
3. 学会等名 2019 6th Global Conference on Polymer and Composite Materials (PCM 2019) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe, J. Ueda, M. Harada,
2. 発表標題 Pressure Changes Electronic Structures and Luminescence Characteristics of Phosphor Materials (基調講演)
3. 学会等名 2nd International Conference on Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (ICSON-2019) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe,
2. 発表標題 Mixed-anion ceramic phosphors with asymmetric ligand field for rare-earths
3. 学会等名 Materials Science & Technology 2019 (The American Ceramic Society) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe,
2. 発表標題 Transparent Ceramic Persistent Phosphors
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kitagawa, J. Ueda, M. G. Brik, S. Tanabe,
2. 発表標題 Intense hypersensitive luminescence of Eu ³⁺ in distorted sites with mixed-anion coordination excitable by near-UV
3. 学会等名 Phosphor Safari 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Xu J. Ueda, S. Tanabe,
2. 発表標題 Garnet Ceramic Persistent Phosphors toward Efficient Flicker Suppression in Remote-Type AC-wLEDs
3. 学会等名 Phosphor Safari 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tanabe, J. Xu,
2. 発表標題 Rechargeable Persistent Phosphor for the First and Third Bio-imaging Windows by Traps Redistribution (基調講演)
3. 学会等名 Phosphor Safari 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田部 勢津久,
2. 発表標題 希土類蛍光体・セラミック蛍光体の基礎、特性と効率の支配因子と物性評価法
3. 学会等名 サイエンス&テクノロジーセミナー(集中講義5h)(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 華 瀚森、北川 裕貴、上田 純平、田部 勢津久、鱒淵 友治,
2. 発表標題 Eu ²⁺ イオンの5d-4f 発光エネルギーの圧力依存性と体積弾性率との相関
3. 学会等名 第60回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Xu, J. Ueda, S. Tanabe,
2. 発表標題 Garnet ceramic persistent phosphors toward efficient flicker suppression in Remote-Type AC-wLEDs
3. 学会等名 第60回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Xu, J. Ueda, S. Tanabe,
2. 発表標題 Persistent Luminescence in Garnets: from Visible to Near-Infrared Light
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会 第40回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Back, 上田 純平, 田部 勢津久,
2. 発表標題 Cr ³⁺ 添加ビスマス酸化物の優れた蛍光温度センサ挙動
3. 学会等名 The 30th Meeting on Glasses for Photonics 2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 J. Xu, M. Back, S. Tanabe,	4. 発行年 2022年
2. 出版社 CRC Press, 2022	5. 総ページ数 56
3. 書名 "Phosphor Handbook " "Chap.11: Near-Infrared Phosphors with Persistent Luminescence over 1000 nm for Optical Imaging"	

1. 著者名 G. C. Righini, S. Tanabe, J. Ballato,	4. 発行年 2022年
2. 出版社 CSIC	5. 総ページ数 220
3. 書名 "Welcome to the Glass Age" "Chap.5. Glass in Information and Communication Technologies (ICT) and Photonics"	

1. 著者名 Y. Katayama, S. Tanabe,	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 556
3. 書名 SOLAR CELLS AND LIGHT MANAGEMENT: Materials, Strategies and Sustainability	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>京都大学田部研究室HP www.talab.h.kyoto-u.ac.jp</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	村上 裕美子(片山裕美子) (Katayama Yumiko) (60748680)	東京大学・大学院総合文化研究科・助教 (12601)	
研究分担者	上田 純平 (Ueda Jumpei) (90633181)	京都大学・人間・環境学研究所・助教 (14301)	

	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
研究協力者	バック ミケレ (Back Michele)	ベネチアカポスカリ大学・Department of Nanosystems・Assistant Professor	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	マーリック セバスチャン (Mahlik Sebastian)	グダンスク大学・物理情報学部・准教授	

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			
イタリア	Venezia Ca' Foscari大学			
ポーランド	Gdansk大学			
イタリア	Venezia Ca' Foscari大学			
エストニア	Tartu大学			