

様式 F-7-1

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実施状況報告書（研究実施状況報告書）（令和2年度）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	14603
研究代表者	部局	先端科学技術研究科		
	職	特任助教		
	氏名	中内 大介		

1. 研究種目名 若手研究 2. 課題番号 20K20104

3. 研究課題名 赤色・近赤外発光シンチレータの開発

4. 補助事業期間 令和2年度～令和3年度

5. 研究実績の概要

シンチレータは放射線照射時に光子を発する放射線計測用蛍光体であり、医療・セキュリティ・資源探査などの分野における産業の発展に伴い、シンチレータ材料の需要が高まりつつある。CeやPrなどの発光中心は5d-4f遷移由来のブロードな発光を示し、Ce:GAGGやPr:LuAGに代表されるようにシンチレータとして盛んに検討がなされてきた有用な賦活剤である。Sm²⁺は赤色から近赤外域に強い発光を示すことからSi系の光検出器と相性が良いことやチェレンコフ光との区別が容易である点で今後有用となり得る発光中心である。そこで、新たな発光中心としてSm²⁺に着目しハライド単結晶の合成を行い、その蛍光およびシンチレーション特性の評価により赤色・近赤外発光シンチレータを開発することを目的とした。いくつかのSm²⁺添加材料の開発を行い、X線およびγ線に対する発光特性を調査したところ、約30,000 photons/MeVの高いシンチレーション発光量を示す材料を見出した。また、フォトルミネセンスでも90%を超える高い量子収率を有しており、赤色蛍光体としても優れた特性を示している。

6. キーワード

シンチレーション検出器 単結晶 蛍光体 フォトルミネセンス ラジオリミネセンス 放射線計測

7. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由
赤色・近赤外発光シンチレータを作製するために、還元剤と共にSmを導入したハライド単結晶を作製し、その光学特性の評価を行った。これまでに2個の置換サイトを有するハライド化合物4組成について、垂直ブリッジマン法を用いて結晶育成条件の最適化を行いつつ合成を試みた。大きさ数cm程度の単結晶の育成に成功し、粉末X線回折により、それらの単結晶が目的の構造の材料を有することを確認した。光物性を評価した結果、Smとイオン半径が近い置換サイトを有する組成において、90%程度の非常に高い量子収率で赤色発光が観測されていることがわかった。また、γ線照射時の波高分布解析により、約30,000 photons/MeVの高いシンチレーション発光量を示すことを見出しており、Sm²⁺添加材料が赤色・近赤外発光材料としてγ線計測に適用可能であることを確認することができた。

3 版

8. 今後の研究の推進方策

これまでの検討で、Sm²⁺を発光中心とすることで高効率な赤色・近赤外発光を示すことを確認することができた。その一方で合成系中の還元反応が十分に進行せず、一部3価の価数状態で残存するという問題が残った。今後は更に組成探索と共に反応条件を検討しつつ探索を行うことで価数変化を促進させ、発光量の向上を目指す予定である。

9. 次年度使用が生じた理由と使用計画

次年度使用額が無いため、記入しない。

10. 研究発表（令和2年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takahashi Kentaro, Kimura Hiromi, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Tl-concentration dependence of scintillation properties in Tl-doped CsBr single crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 122005 ~ 122005
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/abca50	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 Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Characterization of Eu-doped Ba ₂ SiO ₄ , a high light yield scintillator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 122001 ~ 122001
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1882-0786/abc574	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 Igashira Kenta, Nakauchi Daisuke, Ogawa Taiki, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 109
2. 論文標題 Development of Eu-doped Sr ₂ MgSi ₂ O ₇ single crystalline scintillators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 110270 ~ 110270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2020.110270	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 Nakamura Fumiya, Kantupim Prom, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 131
2. 論文標題 Scintillation properties of BaSiO ₃ :Ce crystals by the floating zone method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Research Bulletin	6. 最初と最後の頁 110961 ~ 110961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.materresbull.2020.110961	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 Takahashi Kentaro, Kimura Hiromi, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Photoluminescence and scintillation properties of Ce-doped CaBr ₂ crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 102002 ~ 102002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abb5c0	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 Igashira Kenta, Nakauchi Daisuke, Ogawa Taiki, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 135
2. 論文標題 Effects of dopant concentration in Eu-doped Ca ₂ MgSi ₂ O ₇ single crystalline scintillators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Research Bulletin	6. 最初と最後の頁 111155 ~ 111155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.materresbull.2020.111155	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 -

3版

1. 著者名 Onoda Daichi, Akatsuka Masaki, Kawano Naoki, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 114
2. 論文標題 Scintillation properties of (C6H5C2H4NH3)2Pb1-Sn Br4 crystals having two-dimensional quantum-well structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 111002 ~ 111002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2021.111002	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 Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 182
2. 論文標題 Characterization of high dense Pr:GdTaO4 crystal scintillators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 109390 ~ 109390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radphyschem.2021.109390	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 Kantupim Prom, Akatsuka Masaki, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 860
2. 論文標題 Optical and scintillation properties of Nd-doped Lu2Si2O7 single crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 158538 ~ 158538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.158538	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 Onoda Daichi, Akatsuka Masaki, Kawano Naoki, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 114
2. 論文標題 Scintillation properties of (C6H5C2H4NH3)2Pb1-Sn Br4 crystals having two-dimensional quantum-well structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 111002 ~ 111002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2021.111002	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 Igashira Kenta, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 112
2. 論文標題 Photoluminescence, scintillation and thermoluminescence properties of Ce-doped SrLaAl3O7 crystals synthesized by the optical floating zone method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optical Materials	6. 最初と最後の頁 110782 ~ 110782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optmat.2020.110782	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 Ito Gota, Kimura Hiromi, Shiratori Daiki, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 226
2. 論文標題 Optical and scintillation properties of Ce-doped 20CsCl-20BaCl2-60ZnCl2 glasses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optik	6. 最初と最後の頁 165825 ~ 165825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijleo.2020.165825	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 Kantupim Prom, Akatsuka Masaki, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 847
2. 論文標題 Tm concentration dependence of scintillation characteristics on Tm-doped Lu2Si2O7 single crystal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 156542 ~ 156542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.156542	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 Shiratori Daiki, Masai Hirokazu, Kato Takumi, Okada Go, Nakauchi Daisuke, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Oxidation suppression of Cu in alkaline aluminophosphate glass and the effects for radiation-induced luminescence characteristics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-78510-z	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 -

3版

1. 著者名 Fukushima Hiroyuki, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Koshimizu Masanori, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 110
2. 論文標題 Photoluminescence and scintillation properties of Ce-doped SrLu2O4 single crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solid State Sciences	6. 最初と最後の頁 106471 ~ 106471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.solidstatesciences.2020.106471	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 Takebuchi Yuma, Fukushima Hiroyuki, Kato Takumi, Nakauchi Daisuke, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 177
2. 論文標題 Effect of Ti-doping on dosimetric properties of MgAl2O4 single crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 109163 ~ 109163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radphyschem.2020.109163	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 Akatsuka Masaki, Okada Go, Nakauchi Daisuke, Kato Takumi, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki	4. 巻 228
2. 論文標題 Scintillation properties of GdAlO3 crystals doped with different concentrations of tm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Luminescence	6. 最初と最後の頁 117610 ~ 117610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jlumin.2020.117610	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2件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 中内大介, 藤本裕, 加藤匠, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 赤色発光を呈するSm:SrBr2単結晶シンチレータの開発
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 中内大介、藤本裕、加藤匠、河口範明、柳田健之
2. 発表標題 赤色発光を呈するSm添加シンチレータの開発
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

1 1. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2. 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 4. 備考

-