

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H02059

研究課題名(和文)ワイドバンドギャップ金属酸窒化物のストイキオメトリ制御による高機能化

研究課題名(英文)Optimization of properties of metal oxynitrides by controlling their stoichiometry

研究代表者

森賀 俊広 (MORIGA, Toshihiro)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授

研究者番号：90239640

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ワイドバンドギャップ複金属(酸)窒化物であるCaAlSiN<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup>系蛍光体、Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>系光触媒や岩塩型LiTi<sub>2</sub>(O,N)<sub>4</sub>系リチウムイオン二次電池用負極材料など、既存の材料の持つ機能性を越えるポテンシャルを有する材料について、化学量論の枠に拘らずO/N比やカチオン対アニオン(酸化物イオン+窒化物イオン)比を変化させてそれぞれの最適な機能性を取り得る条件を明らかにし、更にフォトニック結晶のような可視光線の波長程度の構造周期性を持たせることにより、現状要求されている機能性を凌駕することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球上に最もありふれた形態で存在する金属酸化物を構成する酸化物イオンの一部、あるいは全部を窒化物イオンを置き換えることにより、酸化物を凌駕する機能性を付与することが知られている。ところが、その(酸)窒化物の機能性を得るためには酸化物材料の代わりとして使用する際には、酸化物材料では必要なかった工夫をすることがわかってきた。この研究ではその工夫を如何にするべきなのかを明らかにした。将来、酸窒化物材料を世の中に製品として出すに当たり、その足がかりとなる研究成果であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the synthetic conditions under which the optimal functionality can be obtained by changing the O/N ratio and the cation-to-anion (oxide ion + nitride ion) ratio, regardless of stoichiometric composition, for materials with potential beyond the functionality of existing materials, such as CaAlSiN<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup>-based phosphors, Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>-based photocatalysts and rock salt-type LiTi<sub>2</sub>(O,N)<sub>4</sub>-based negative electrode materials for lithium ion secondary batteries. Furthermore, we have succeeded in surpassing the currently demanded functionalities by adding structural periodicity at the wavelength of visible light, similar to that of photonic crystals.

研究分野：無機材料化学

キーワード：酸窒化物 電気陰性度 結合性 光触媒 蛍光体 電極材料 フォトニック結晶

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

研究代表者は、既存の酸窒化物の有する特異な機能性をその組成や原子配列など結晶構造を制御することにより、より特異的でより有用な機能性を付与することに成功してきた。しかしながら研究代表者が現段階までに扱ってきた酸窒化物でも、現在の社会的ニーズに合う特性を有するポテンシャルを持ちながらも未だその活躍する場を与えられていない酸窒化物が多かった。

### 2. 研究の目的

本研究では、ワイドバンドギャップ複金属酸窒化物である(1)CaAlSiN<sub>3</sub>系窒化物蛍光体、(2)岩塩型Li-Ti酸窒化物系リチウムイオン2次電池用負極材料、(3)可視光応答性Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>窒化物光触媒など、既存の材料の持つ機能性を越えるポテンシャルを有する材料について、化学量論の枠に拘らずO/N比やカチオン対アニオン(酸化物イオン+窒化物イオン)比を変化させてそれぞれの最適な機能性を取り得る条件を明らかにし、その最適な機能性を示す結晶構造中における酸化物イオン、窒化物イオンの配列を解析・モデル化、生じる結合性の差による電子状態の変化を解析することにより、その機能性発現について結晶構造及び電子状態との関係を明らかにし、蛍光体、リチウムイオン2次電池材料、光触媒として現状要求されている機能性を凌駕する複金属(酸)窒化物を生み出すことを考えた。

#### (1) CaAlSiN<sub>3</sub>:Eu 赤色蛍光体

環境問題への関心の高まりから、固体照明(SSL)がユビキタスになることが考えられ、環境問題への関心の高まりから、SSL(Solid-State Lighting)の普及が考えられる。SSLは光源チップと蛍光体材料を一体化して構成されるユニットである。高効率で設計の自由度が高い新型ランプを実現するためには、蛍光体には高い安定性が求められる。蛍光体粒子表面の劣化を防ぐために蛍光体材料にシリカをコーティングする方法がある。Y<sub>3</sub>Al<sub>4</sub>O<sub>12</sub>:Ce(YAG)ナノ粒子上にシリカをコーティングすることで、シリカ/YAG:Ce界面からの光取り出しが増加するためフォトルミネッセンス(PL)特性が向上することが報告された。また、このシリカを添加したYAGセラミックスが熱安定性と量子効率(QE)を向上させることも報告している。様々な蛍光体の中で(酸)窒化物蛍光体は化学的安定性が高く、熱消光や熱劣化が少ない。

そこで本研究では、通常使用するようなミクロンサイズの酸窒化物蛍光体とナノサイズのアモルファスシリカを混合した複合蛍光体を作製し、蛍光体粒子上に分散したナノサイズのシリカ粒子による被覆が蛍光体の特性にどのような影響を与えるのかを評価した。

#### (2) リチウムイオン二次電池用負極材としての岩塩型リチウムチタン酸窒化物

CO<sub>2</sub>排出量の少ない低炭素社会構築に向けて、再生可能エネルギーの活用やエネルギーの効率的な利用が望まれている。これらの実現に対し蓄電池の役割は重要である。リチウムイオン電池(LIB)は市販されている蓄電池の中では最もエネルギー密度の大きな二次電池であり、その負極材として最も使われているのはグラファイトで、容量は370mAh/gである。しかし、グラファイトでは充放電時に起きる体積変化が大きく(10%程度)安全性に問題があるため、代替材料が必要であると考えられている。その代替負極材料としては、Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>(LTO)が採用されている。LTOは、グラファイトよりも理論容量が小さい(175mAh/g)が、Li<sup>+</sup>挿入脱離電位が高く(1.55V)、充放電に伴う体積変化が小さい(0.2%程度)のが特徴である。

最近、酸窒化物のような複数のアニオン化合物が提案されている。Li<sub>7.9</sub>MnO<sub>1.6</sub>N<sub>3.2</sub>は、逆ホタル石型構造を持ち、300mAh/gを超える放電容量を示すと報告されている。一般的に酸化物材料に比べて(酸)窒化物材料は充放電容量が大きい。そこで我々は、LTOと同様の金属組成を持つLiTi<sub>n</sub>O<sub>x</sub>N<sub>y</sub>(LTON)に着目した。この岩塩型構造を持つ材料は2004年に合成されたが、それ以降大きな進展は報告されておらず、負極材料としては活用されていない。LTOに窒素を導入すると、構造がスピネル型から岩塩型に変化するが、その電気化学的特性の変化は不明である。本研究では、LTONの負極としての電気化学特性に対するLi含有量依存性を明らかにした。

#### (3) Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>可視光応答光触媒フォトリソニック結晶

再生可能エネルギーである太陽光を利用した光触媒等の半導体による水分解は、地球上に抱負に存在する水を地球温暖化ガスの排出無しにH<sub>2</sub>ガスを得ることができ、人工光合成と呼ばれ世界中で研究されている。このH<sub>2</sub>ガス生成に利用される光触媒の代表格は酸化チタンであるが、酸化チタンは可視光を利用することができずその改善が求められている。Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>はバンドギャップが2.1eVと可視光の多くを利用でき、光触媒としても有望である。ただ、Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>は合成時にTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を経由してアンモニア窒化法などO<sup>2-</sup>をN<sup>3-</sup>に

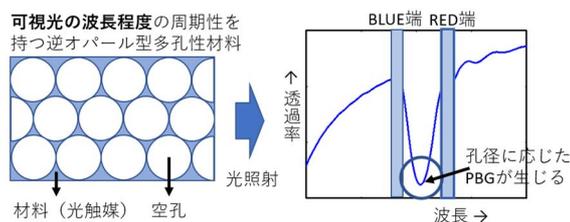


図1 逆オパール型多孔性材料とその透過スペクトルに現れるPBG

置換して作製されるためアニオン欠陥が  $Ta_3N_5$  中に生成しやすく、これが光励起により生じた伝導帯中の電子と価電子帯中の正孔の再結合中心として働き、結果として光触媒活性を低下させていると報告されている。

この光触媒中での電子正孔対の再結合を抑制する手段としてフォトニック結晶を適用する試みがなされている。PBG 近傍ではスローライト効果と呼ばれる、物質中を伝播する光の群速度が著しく遅くなる現象が生じる。この現象を用いて電子と正孔の再結合を抑制しようとするものである。即ち、 $Ta_3N_5$  の基礎吸収端と、PBG を適切に一致させると、光触媒活性が向上する。

そこで、任意の粒子径を有する PMMA (ポリメタクリル酸メチル) 球状粒子からなる懸濁液を作製し、これを自己組織化させて人工的に PMMA 球状粒子の面心立方構造体を作製した。次いで、この構造体を鋳型としてその隙間に  $Ta_2O_5$  前駆体溶液を流し込み、熱処理を施すことにより PMMA 球を除去して逆オパール型  $Ta_2O_5$  を作製し、更にアンモニア窒化法により逆オパール型  $Ta_3N_5$  フォトニック結晶を得た。PMMA 球状粒子の粒子径を変化させることで逆オパール型  $Ta_3N_5$  の孔径を変化させ、図 1 に示すようにその PBG を制御することが可能となった。

### 3. 研究の方法

#### (1) $CaAlSiN_3:Eu$ 赤色蛍光体の合成

赤色蛍光体材料である  $CaAlSiN_3:Eu$  (CASN) は、SIALON 社から購入した。 $NH_3$  水 (28-30%, Wako), イソプロピルアルコール ( $C_3H_8O$ , 99.7%, Wako), およびテトラエチルオルソシリケート ( $Si(OC_2H_5)_4$ , (TEOS), 95%, Wako) は、TEOS 処理に使用した。蛍光体粉末をイソプロパノールと TEOS 水溶液に分散させ、この液を 1 分間超音波で攪拌した。0.5g の蛍光体粉末を 30ml の TEOS 水溶液に仕込み、重合反応を開始させるために  $NH_3$  水 (20 ml) を加えた。溶液はマグネチックスターラーを用いて 500 rpm の速度で攪拌し、溶液の温度は合成中 27 °C に維持した。

#### (2) リチウムイオン二次電池用負極材としての岩塩型リチウムチタン酸窒化物の合成

出発材料として  $Li_2CO_3$  およびルチル型  $TiO_2$  を使用し固相反応法にてまず酸化物前駆体を合成した。金属は、Ti/Li のモル比が 1.0 から 2.0 になるように秤量した。ボールミル法を用いて、アセトンとの湿式混合を 300rpm で 36 時間行い、酸化物混合物を乾燥させた後、600 °C で 10 時間焼成し酸化物前駆体を得た。その後、前駆体をアルミナボートに入れ 0.4L/分の  $NH_3$  気流中で 800 °C で 24 時間窒化を行い、LTON 試料を得た。以下、各モル比で合成した LTON を LTON1.0 などと表現する。

#### (3) $Ta_3N_5$ 可視光応答光触媒フォトニック結晶の合成

ポリメタクリル酸メチル (PMMA) のコロイド状懸濁液を界面活性剤を使用しない乳化重合法により合成した。セパラブルフラスコに Milli-Q 水 400 mL を加え、マントルヒーターで昇温しながら窒素雰囲気下で攪拌した。水温が約 75 °C になったところで、予め阻害剤を除去したメタクリル酸メチルモノマー (MMA, 富士フイルム和光ケミカルズ社製, 特級 (98.0%以上)) を加え、2,2'-アゾビス (2-メチルプロピオナミジン) ジヒドロクロリド (AAPH, 富士フイルム和光ケミカルズ社製 1 級 (97.0%以上)) を Milli-Q 水 (Merck 社製, 18.2MΩcm 以上の抵抗率) に溶解したものを加えて反応を開始した。3 時間後に反応を停止し、ガラスウールで凝集剤を粗く濾過して懸濁液を回収した。PMMA の粒径は、MMA の量を変化させて制御した。この懸濁液を 1500rpm で 24 時間遠心分離して上清を除去した。その後、50 °C の恒温槽で乾燥させ、PMMA コロイド結晶鋳型を作製した。

五塩化タンタル (キシダ化学, 99.0%) をエタノール (関東化学, 99.5%) に溶解して  $TaCl_5$ /エタノールゾル (20wt%) を調製し、減圧下で 20 分間 PMMA コロイド結晶鋳型に含浸させて空隙にゾルを染み込ませ、 $TaCl_5$ /エタノールを得た。吸引濾過により余分な溶液を除去した後、室温で 24 時間乾燥し、空気中で焼結して IO 型  $Ta_2O_5$  粉を作製した。焼結条件は、300 °C で 2 時間、550 °C で 3 時間、加熱速度は 2 °C/分であった。アンモニア雰囲気中でさらに熱処理を行い、IO 構造の  $Ta_3N_5$  を合成した。窒化条件で、25 °C から 550 °C まで 6.6 °C/分、550 °C から 800 °C まで 1 °C/分の速度で昇温した。焼成時間は 800 °C 5 時間とし、アンモニアガス流量は、0.2L/min とした。

### 4. 研究成果

#### (1) $CaAlSiN_3:Eu$ 赤色蛍光体の量子効率増強

図 2 に、純粋な CASN 粉末と複合 CASN 粉末の XRD 図形を示す。また、TEOS 溶液に蛍光体粉末を入れずにシリカ粉末を合成し、その XRD 図形も図 2 に示す。TEOS 溶液中で得られたシリカ粉末には、ガラスなどの非晶質相を示す 24° に広いピークが観察された。また、複合 CASN 粉末でも幅広のピークが確認された。蛍光体構造の基本的なピークは変化しておらず、TEOS 溶液中での複合化処理後も CASN の結晶構造が維持されていることが示された。シリカ粉末の熱重量測定では、高温で重量が減少しており、TEOS 溶液を介して水和シリカの状態が得られることが示唆された。温度上昇に伴う重量減

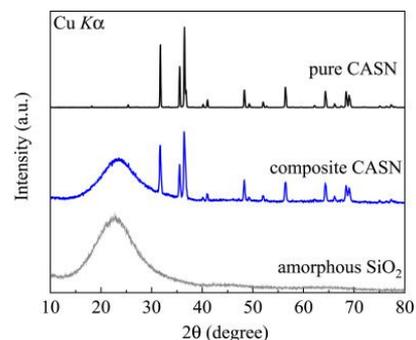


図 2 複合 CASN 粉末の XRD 図形

少は、水和水の蒸発と脱水縮合の影響の組み合わせによるものと考えられる。重量減少から、計算上の組成は  $\text{SiO}_2 \cdot 0.59\text{H}_2\text{O}$  である。

図3(a)に純 CASN 粉末および複合 CASN 粉末の拡散反射率 UV-Vis スペクトルを示す。複合粉末は純粉末よりも大きな拡散反射率を示している。複合粉末に含まれるシリカ粒子が反射・散乱を大きくしており、複合粉末の吸収が小さいことが分かる。したがって、複合粉末では、反射・散乱は増加したが、光学活性  $\text{Eu}^{2+}$  イオンの励起は減少した。

図3(b), (c)は CASN 粉末の PL 分析結果である。純 CASN 粉末、複合 CASN 粉末ともに、青色光 (450nm) で励起され、赤色光 (650nm) を放出した。TEOS 溶液中で得られたケイ酸塩粉末 (蛍光体なし) の PL 特性の一次評価では、250~800nm の波長領域で励起や発光スペクトルが見られなかった。したがって、複合粉末に含まれるナノシリカは、蛍光体の PL 特性に影響を与えないことがわかった。

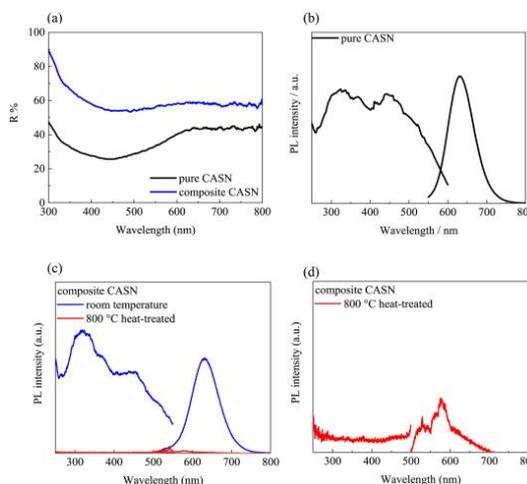


図3 CASN と複合 CASN の PL 分析

(2) リチウムイオン二次電池用負極材としての岩塩型リチウムチタン酸窒化物の電気化学特性

LTON1.25 から LTON2.0 の試料では不純物のピークは観測されず、岩塩構造に属する単一相が得られている。表1に LTON の組成と格子定数を示す。LTON1.0 を除くすべての試料の Ti/Li 比は荷電組成とほぼ同じであり、得られた LTON は所望の化学量論であったと考えられる。また、Ti/Li 比の減少に伴い、O/N 比は増加し、格子定数は減少した。これは、Ti/Li 比の減少により、金属の全正電荷が減少したためと考えられる。

図4は、LTON のレート特性試験結果である。LTON1.25 から LTON2.0 までの単相を比較すると、Ti/Li 比が小さくなるにつれてレート特性が向上していることがわかる。放電容量は LTON2.0 が 80mAh/g、LTON1.25 が約 140mAh/g で増加した。得られた容量は  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  の理論値より低かった。

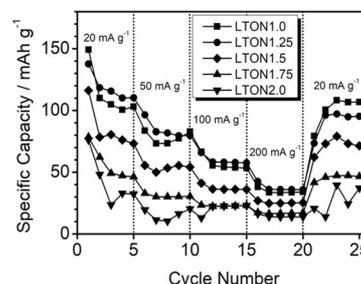


図4 LTON のレート特性

図5(a)は、その場観察 XRD で得られた LTON1.25 の (220) のピーク位置の変化を示したものである。格子定数を反映するピーク位置は、Li 含有量の増加に伴い、低角度側にシフトしている。これは、放電中に  $\text{Li}^+$  が結晶構造中に挿入され、格子が膨張したことに起因すると考えられる。得られた放電容量から、以下の反応が進行すると考えられる。

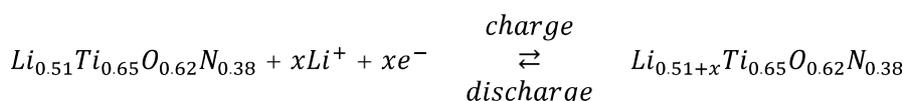


図5(b)は、 $\text{Li}^+$  の挿入量に対する電位の変化を示している。図5(c)は、 $\text{Li}^+$  の挿入量に対する格子定数の変化を示している。放電曲線が平坦になる 0.50-0.01V で  $\text{Li}^+$  を挿入すると、格子定数が増加することがわかった。充放電による格子の体積変化は 0.70 vol% と推定された。この値は、体積変化がほとんどない  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  と同様である。したがって、LTON1.25 は良好なサイクル性能を示すと考えられる。

表1 各 LTON の組成と格子定数

Sample	Ti/Li ratio weighed / obtained	Composition	Lattice parameter / Å
LTON1.0	—	—	4.1856 (6)
LTON1.25	1.25 / 1.28	$\text{Li}_{0.51}\text{Ti}_{0.65}\text{O}_{0.62}\text{N}_{0.38}$	4.1881 (5)
LTON1.5	1.5 / 1.52	$\text{Li}_{0.44}\text{Ti}_{0.67}\text{O}_{0.56}\text{N}_{0.44}$	4.1942 (5)
LTON1.75	1.75 / 1.71	$\text{Li}_{0.39}\text{Ti}_{0.67}\text{O}_{0.52}\text{N}_{0.48}$	4.1995 (7)
LTON2.0	2.0 / 2.03	$\text{Li}_{0.30}\text{Ti}_{0.60}\text{O}_{0.50}\text{N}_{0.50}$	4.2002 (4)

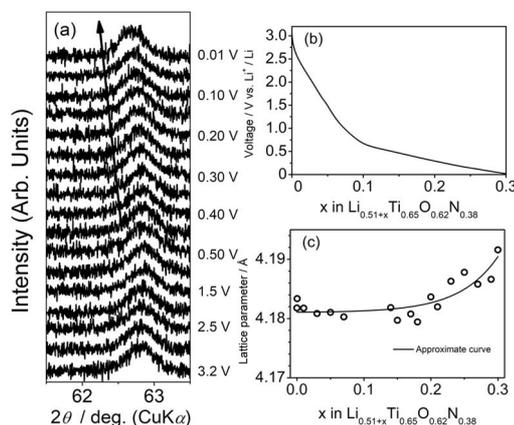


図5 (a)LTON1.25 のその場観察 XRD, (b)放電曲線, (c)格子定数の変化

### (3) Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> 可視光応答光触媒フォトリソニック結晶の光触媒活性

PMMA 合成時の合成温度および MMA 対水の割合を変えることにより粒径の異なる 4 種類の PMMA コロイド結晶鑄型を作製し、それらをもとに異なる細孔径を有する逆オパール型 Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> 粉末を作製した。PMMA 粒径および Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> 細孔径は表 2 に示した通りであり、粒径/細孔径は大きい順に (A), (B), (C), (D) であった。これらを代表して PMMA (B) および Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (B) 粉末の SEM 画像を図 6 に示した。この SEM 画像から、それぞれ均一なオパール型または逆オパール型構造の形成が確認できた。また、BET 比表面積を測定したところ、逆オパール型 Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (A), (B), (C), (D) いずれの試料ともほぼ 50m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> で有意な差は見られなかった。

次に、逆オパール型 Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (A) ~ (D) 4 試料に光析出法により助触媒 Pt を 2 wt% 担持し、続けて H<sub>2</sub> 生成光触媒試験を行った。反応容器に Milli-Q 水、犠牲剤であるメタノール、Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> 粉末、Pt 源である H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> 水溶液を加え、窒素置換後 400nm 以下の波長の光をフィルターによりカットした Xe ランプを照射した。H<sub>2</sub> 生成量は表 2 に併せて示した。各試料を比較すると、光触媒活性の順は、

Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (A) > Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (C) > Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (D) > Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> (B) となった。

光触媒活性の差について考察するために、オパール型 PMMA 球状粒子、即ち逆オパール型 Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> の空孔が面心立方格子 (111) 配列をすると仮定したとき、光が試料に入射する角度  $\theta$  に対してその試料の反射スペクトルの反射率が極大となる PBG 波長  $\lambda_{\max}$  を Bragg の式を用いて求めた。

Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> の光触媒活性試験の際には光はランダムに入射するので、その (111) 面に対して光が垂直に入射する ( $\theta=0^\circ$ ) 場合の PBG 波長から光が水平に入射する ( $\theta=90^\circ$ ) 場合の PBG 波長まで幅広い波長領域に PBG は存在するはずである。そこで各試料の  $\theta=0^\circ$  の場合の PBG 波長  $\lambda_{\max}$  の値を表 2 に、また各試料の光の入射角  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  での PBG の存在波長領域 (計算値) と Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> の基礎吸収端 590 nm との関係を図 7 に示した。スローライト効果は、ある決まった  $\theta$  に対してスペクトル幅としては数十 nm のバンド幅を持つ PBG の低周波数 (長波長) 端側と高周波数 (短波長) 端側に存在する、それぞれ RED 端、BLUE 端と呼ばれている波長領域で現れる。これら RED 端、BLUE 端ではフォトンの群速度が著しく遅くなるためその寿命が長くなるが、両端を基礎吸収端に適切に一致させると、基礎吸収に対応する光吸収が向上することが指摘されている。即ち、光照射により生成された電子正孔対の数が増加し、最終的により高い光触媒活性が期待される。RED 端では高誘電率材料 (光触媒) 側、BLUE 端では低誘電率材料 (溶液) 側において、群速度が遅くなることによるフォトンの局在が起きるため、一般的にはスローライト効果は RED 端を基礎吸収端に一致させることで顕著に現れると言われている。本実験でもその効果が現れ、これら試料の基礎吸収端の位置を PBG や RED 端、BLUE 端と対応させた結果と、図 8 に示した光触媒試験の結果に対応させて活性の順に並べると、

BLUE 端と一致 (A) > RED 端と一致 (C) > 一致なし (D) > PBG と一致 (B) となった。

表 2 合成した PMMA とそれに対応する逆オパール型 Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> の特性

試料	$D_{\text{PMMA}}/\text{nm}$	$D_{\text{Ta}_3\text{N}_5}/\text{nm}$	$\lambda_{\max}/\text{nm}$	H <sub>2</sub> 発生量 /mmol g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
(A)	318	251	744	0.114
(B)	315	234	693	0.057
(C)	264	191	567	0.104
(D)	168	134	397	0.087

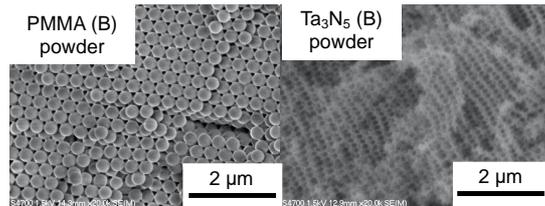


図 6 PMMA と対応する Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> の SEM 像

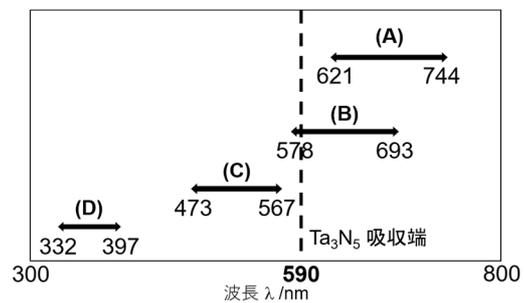


図 7 PBG と基礎吸収端の関係

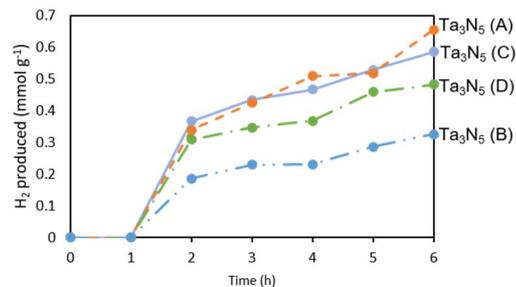


図 8 逆オパール型 Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> の活性試験

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 森賀俊広、平山奈津美	4. 巻 57
2. 論文標題 可視光応答光触媒 フォトニック結晶	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 セラミックス	6. 最初と最後の頁 313-316
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 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 Akihiro Nakanishi, Tomoya Onoe, Ryoto Morii, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga, Yutaka Kobayashi, Atsushi Sakaki, Shao-ju Shih	4. 巻 319
2. 論文標題 Effect of A-site deficiency on perovskite-type Mn <sup>4+</sup> -activated La <sub>5</sub> /3MgTaO <sub>6</sub> red phosphor and green luminescence of the Mn <sup>2+</sup> occupied six-coordinate site in Mg <sub>2</sub> LaTaO <sub>6</sub>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Solid State Chemistry	6. 最初と最後の頁 123780 - 123780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jssc.2022.123780	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 Chairul Sutan Imran, Atsushi Echimoto, Ryutaro Tazawa, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga	4. 巻 -
2. 論文標題 Fabrication of transparent ITO/GTO bilayer diode thin films	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters. B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217984923400390	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 Masatsugu Oishi, Yuya Ohta, Tatsuki Sogabe, Toshihiro Moriga, Shao-Ju Shih,	4. 巻 -
2. 論文標題 Composite phosphor of a self-organized silica mixed YAG:Ce	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters. B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/s0217984923400249	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 Murai Kei-Ichiro, Nishiura Takuya, Nagata Ryutaro, Moriga Toshihiro	4. 巻 35
2. 論文標題 Fabrication and evaluation of Ca-doped SrTiO <sub>3</sub> thermoelectric materials by molten salt method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics B	6. 最初と最後の頁 2140040 ~ 2140040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217979221400403	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 Oishi Masatsugu, Shiomi Shohe, Ohara Koji, Fujishiro Fumito, Kai Yoichiro, Shih Shao-Ju, Moriga Toshihiro, Chichibu Shigefusa F., Takatori Aiko, Kojima Kazunobu	4. 巻 309
2. 論文標題 Enhanced quantum efficiency of a self-organized silica mixed red phosphor CaAlSiN <sub>3</sub> :Eu	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Solid State Chemistry	6. 最初と最後の頁 122968 ~ 122968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jssc.2022.122968	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 Mizuta Yusuke, Shizukawa Kohei, Takahara Rie, Murai Kei-Ichiro, Moriga Toshihiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Rock-salt-type lithium titanium oxynitride as anode material for Li-Ion secondary batteries	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217984922420428	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 Osman, Edynoor; Rashid, Mohd Warikh Abd.; Manaf, Mohd Edeerozey Abd; Moriga, Toshihiro; Kamarudin, Hazlinda	4. 巻 14
2. 論文標題 Influence of hygrothermal conditioning on the properties of compressed kenaf fiber / epoxy reinforced aluminium laminates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mechanical Engineering and Sciences	6. 最初と最後の頁 7405 - 7415
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 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 Hsiao Chih-Wei, Oi Mitsuo, Shibai Koki, Murai Kei-Ichiro, Moriga Toshihiro, Shih Shao-Ju	4. 巻 34
2. 論文標題 Ca <sub>2</sub> Si <sub>5</sub> N <sub>8</sub> :Eu <sup>2+</sup> phosphors synthesized in graphite crucibles for enhanced reducing atmosphere	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Modern Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 2040023 ~ 2040023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217984920400230	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 Xue, Minato Runosuke, Otani Yasumasa, Hatai Kengo, Murai Kei-ichiro, Mori Masashi, Yoshinari Atsushi, Miyano Munehiko, Sakaki Atsushi, Moriga Toshihiro	4. 巻 347
2. 論文標題 Local structural changes in Ce <sub>1-x</sub> Ln <sub>x</sub> O <sub>2</sub> - (Ln=La, Gd) solid electrolytes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 115213 ~ 115213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2019.115213	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 Duan Wenyuan, Zhao Mingshu, Mizuta Yusuke, Li Yanlin, Xu Tong, Wang Fei, Moriga Toshihiro, Song Xiaoping	4. 巻 22
2. 論文標題 Superior electrochemical performance of a novel LiFePO <sub>4</sub> /CNTs composite for aqueous rechargeable lithium-ion batteries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 1953 ~ 1962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP06042A	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 Li Yanlin, Yang Sen, Lu Xuegang, Duan Wenyuan, Moriga Toshihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Synthesis and evaluation of the SERS effect of Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @Ag Janus composite materials for separable, highly sensitive substrates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 2877 ~ 2884
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ra09569h	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 Koichi Nakamura, Shimokita Kosuke, Sakamoto Yoichiro, Kuniyuki Koyama, Toshihiro Moriga, Kuwata Naoki, Kawamura Juinichi	4. 巻 317
2. 論文標題 Milling effect on the local structure, site occupation, and site migration in aluminum substituted lithium manganese oxides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 214-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2018.01.019	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 Tzu-Yi Li, Katsuya Nakata, Shao-Ju Shih, Toshihiro Moriga	4. 巻 44
2. 論文標題 Modification of grain boundary structure of SrTiO3 using hydroxyl additives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 3960-3965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2017.11.188	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 Edynoor bin Osman, Toshihiro Moriga, Kei-ichiro Murai, Mohd Warikh bin Abd Rashid, Mohd Edeerozeybin Abd Manaf, Toshihide Horikawa	4. 巻 113
2. 論文標題 Photocatalytic activity of nanostructured tubular TiO2 synthesized using kenaf fibers as a sacrificial template	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Industrial Crops and Products	6. 最初と最後の頁 210-216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.indcrop.2018.01.027	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41件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 22件）

1. 発表者名 Yi-Ju Hsieh, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga, Shao-Ju Shih
2. 発表標題 Effect of various flux on structure and luminescence of SrAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> :Eu <sup>2+</sup> phosphor
3. 学会等名 Ninth International Forum on Advanced Technologies, Taipei, Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taiki Maekawa, Yi-Syun Huang, Naoki Tateishi, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga, Geoffrey I.N. Waterhouse
2. 発表標題 Blue edge enhancement in photocatalytic hydrogen production using TaON photonic crystals
3. 学会等名 Ninth International Forum on Advanced Technologies, Taipei, Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taiki Maekawa, Yi-Syun Huang, Naoki Tateishi, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga, Geoffrey I.N. Waterhouse
2. 発表標題 Blue edge enhancement in photocatalytic hydrogen production using TaON photonic crystals
3. 学会等名 International Materials Conclave (IMC-2023), Pune, India (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 立石直希, 前川泰輝, 村井啓一郎, 森賀俊広
2. 発表標題 可視光応答型Ta3N5フォトリソニック結晶の光触媒特性評価
3. 学会等名 第28回ヤングセラミストミーティングin中四国, 松山
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 殿谷友輔, 今村迅, 森井峻人, 尾上知也, 中西昭博, 村井啓一郎, 森賀俊広
2. 発表標題 Ca <sub>1.4</sub> Ba <sub>0.6</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>3</sub> N <sub>6</sub> :Eu <sup>2+</sup> 蛍光体の単一相合成とCe <sup>3+</sup> 共賦活による発光特性の制御
3. 学会等名 第28回ヤングセラミストミーティングin中四国, 松山
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 名川 裕介, 豊栖 創, 乾 祐太, 村 井 啓一郎, 森賀 俊広, 森 昌史, 松田 マリック隆磨
2. 発表標題 NH4HCO3 とNH4OH の2 種類の共沈剤を用いたプロトン伝導体BaZr1-xYxO3- の作製
3. 学会等名 第35回日本セラミックス協会秋季シンポジウム, 徳島
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾上 知也, 殿谷 友輔, 今 村 迅, 森井 峻登, 中西 昭博, 村井 啓一郎, 森賀 俊広, Yehonadav BEKENSTEIN
2. 発表標題 SiO2 フォトニック結晶によるGdTaO4:Ln3+ (Ln=Eu and Tb)シンチレーターからの発光増強効果
3. 学会等名 第35回日本セラミックス協会秋季シンポジウム, 徳島
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoya Onoe, Ryoto Mori-i, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Luminescencecharacteristicsof Ce3+ and Ce3+/Eu2+ co-doped Ca1.4Ba0.6Si5O3N6 phosphors for application in wLED
3. 学会等名 3rd International Conference on Nanomaterials and Advanced Composites (NAC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masatsugu Oishi, Tatsuki Sogabe, Koji Ohara, Toshihiro Moriga, Shao-Ju Shih
2. 発表標題 Enhanced quantum efficiency of silica mixed composite red phosphor CaAlSiN3:Eu
3. 学会等名 3rd International Conference on Nanomaterials and Advanced Composites (NAC 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihiro Nakanishi, Ryoto Morii, Tomoya Onoe, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga, Yutaka Kobayashi, Atsushi Sakaki, Shao-Ju Shih
2. 発表標題 Effect of A-site deficiency on perovskite-type Mn <sup>4+</sup> -activated La <sub>5</sub> /3MgTaO <sub>6</sub> red phosphor and green luminescence of Mn <sup>2+</sup> occupied in Mg <sub>2</sub> LaTaO <sub>6</sub>
3. 学会等名 3rd International Conference on Nanomaterials and Advanced Composites (NAC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中西昭博, 尾上 知也, 森井 峻登, 村井 啓一郎, 森賀 俊広, 小林 裕, 榊 篤史, 施 劭儒
2. 発表標題 ペロブスカイト型Mn <sup>4+</sup> 賦活La <sub>5</sub> /3MgTaO <sub>6</sub> 赤色蛍光体の発光に対するA サイト欠損の影響
3. 学会等名 (web会議)日本セラミックス協会2023年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 尾上 知也, 中西 昭博, 殿谷 友輔, 村井 啓一郎, 森賀 俊広
2. 発表標題 新規 Mn <sup>4+</sup> 賦活岩塩型 Li <sub>4</sub> -2xMg <sub>1+x</sub> W <sub>1-y</sub> O <sub>6</sub> :yMn <sup>4+</sup> 赤色蛍光体の合成と特性評価
3. 学会等名 (web会議)日本セラミックス協会2023年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 辻 和磨, 早川梨乃, 土井結菜, 村井 啓一郎, 森賀 俊広
2. 発表標題 フォトリソニック結晶構造を持つシンチレータ材料の発光特性評価
3. 学会等名 (web会議)日本セラミックス協会2023年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Moriga, K. Hatai, Y. Otani, K. Murai, R. M. Matsuda, M. Mori
2. 発表標題 Preparation of BZY and BZY-BCY Solid-solutions by Solid-state Reaction Technique
3. 学会等名 14th PACIFIC RIM CONFERENCE ON CERAMIC AND GLASS TECHNOLOGY (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. MORIGA, N. HIRAYAMA, K. YOSHIDA, A. NAKANISHI, K. MURAI, W. CHEN, G. WATERHOUSE
2. 発表標題 Synthesis and Photocatalytic Properties of Tantalum (Oxy)Nitride with an Inverse Opal Structure
3. 学会等名 14th PACIFIC RIM CONFERENCE ON CERAMIC AND GLASS TECHNOLOGY (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshihiro MORIGA
2. 発表標題 Synthesis of Tantalum Nitride with an Inverse Opal Structure and Its Photocatalytic Hydrogen Production
3. 学会等名 9th International Conference on Advanced Materials Development and Performance (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akihiko Nakanishi, Ryoto Morii, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Perovskite-type Mn <sup>4+</sup> -activated La <sub>5</sub> /3MgTaO <sub>6</sub> Red Phosphor and Pyrochlore-type Mn <sup>2+</sup> -activated Mg <sub>2</sub> LaTaO <sub>6</sub> Green Phosphor
3. 学会等名 9th International Conference on Advanced Materials Development and Performance (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森井峻登、服部彩香、尾上知也、村井啓一郎、森賀俊広
2. 発表標題 2波長発光蛍光体への応用に向けたBaSi <sub>6</sub> N <sub>8</sub> :Eu <sup>2+</sup> およびCaSi <sub>2</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub> :Eu <sup>2+</sup> 蛍光体の合成と発光特性評価
3. 学会等名 第34回日本セラミックス協会秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Natsumi Hirayama, Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Fabricof tantalum nitride photonic crystals for hydrogen production
3. 学会等名 2021 Tokushima Bioscience Retreat
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森井峻登、尾上知也、村井啓一郎、森賀俊広
2. 発表標題 Ce <sup>3+</sup> 強賦活による白色LED用Ca <sub>1.4</sub> Ba <sub>0.6</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>3</sub> N <sub>6</sub> :Eu <sup>2+</sup> 蛍光体の白色光制御
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Synthesis and Photocatalytic Properties of Tantalum (Oxy)Nitride with an Inverse Opal Structure
3. 学会等名 16th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平山 奈津美, 吉田 賢, 村井 啓一郎, 森賀 俊広, Waterhouse Geoffrey
2. 発表標題 可視光応答型 Ta <sub>3</sub> N <sub>5</sub> フォトニック結晶の作製および光触媒特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田 侑乃香, 名川 裕介, 村井 啓一郎, 森賀 俊広
2. 発表標題 岩塩型 Li-Mg-Ti 系酸化物の合成および負極特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森賀俊広
2. 発表標題 Liイオン2次電池負極材料としての新規な岩塩型リチウムチタン酸窒化物の開発
3. 学会等名 グリーン・イノベーション研究成果企業化促進フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平山 奈津美, 藤坂 愛, Lewi Peter Richardo, 吉田 賢, 村井 啓一郎, 森賀 俊広, Waterhouse Geoffrey
2. 発表標題 可視光光触媒活性を有する逆オパール型Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> フォトニック結晶の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 服部 彩香, 福村 耕平, 板東 優乃, 森井 峻登, 村井 啓一郎, 森賀 俊広
2. 発表標題 白色LED用Ca <sub>1.4</sub> Ba <sub>0.6</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>3</sub> N <sub>6</sub> :Eu <sup>2+</sup> 蛍光体の合成および発光特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福田 侑乃香, 静川 昂平, 名川 裕介, 村井 啓一郎, 森賀 俊広
2. 発表標題 Taをドーピングした岩塩型Li-Ti系酸窒化物の負極特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Moriga, A. Fujisaka, N. Hirayama, Y. Furukawa, L. P. Richardo, K. I. Murai, W. T. Chen, G. I. N. Waterhouse
2. 発表標題 Synthesis and Photocatalytic Properties of Tantalum Nitride with an Inverse Opal Structure
3. 学会等名 236th ECS Meeting (Atlanta) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Shizukawa, R. Takahara, J.-T. Sun, Y. Mizuta, K.I. Murai, T. Moriga
2. 発表標題 Optimization of Cation Composition on Charge-Discharge Behavior in Rock-salt Type Lithium Titanium Oxynitride Anode Material
3. 学会等名 236th ECS Meeting (Atlanta) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Fukumura, Koki Shibai, Shao-Ju Shih, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Synthesis and Photoluminescence Properties of Novel BaSi406N2:Eu2+ Phosphor for White LEDs
3. 学会等名 236th ECS Meeting (Atlanta) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ai Fujisaka, Natsumi Hirayama, Lewi Peter Rochardo, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga, Geoffrey I N Waterhouse
2. 発表標題 Fabrication and Characterization of Tantalum (oxy)nitride Photonic Crystals with Visible-light Photocatalytic Activity
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (Okinawa) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lewi Peter Richardo, Fujisaka Ai, Hirayama Natsumi, Murai Kei-ichiro, Moriga Toshihiro, G.I.N. Waterhouse
2. 発表標題 Relationship between Particle Size of PMMA Spheres and Photonic Band Gaps (PBGs) of PMMA, Tantalum Oxides and Oxynitrides Photonic Crystals
3. 学会等名 International Symposium on Novel and Sustainable Technology (Tainan) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部彩香、板東優乃、福村耕平、村井啓一郎、森賀俊広
2. 発表標題 白色LED用Ca1.4Ba0.6Si5O3N6:Eu2+蛍光体の合成および発光特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会 (明治大学)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Kohei Shizukawa, Yusuke Mizuta, Yunoka Fukuda, Jung-Ting Sun, Kui Hu, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga
2. 発表標題	Optimization of Cation Composition and Ta-doping Effect on Charge-Discharge Behavior in Rock-salt Type Lithium Titanium Oxynitride Anode Material
3. 学会等名	3rd Biennial International Conference on Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition (Aurangabad, India) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	静川 昂平, 高原 利恵, 孫 榮廷, 水田 悠介, 村井 啓一郎, 森賀 俊広
2. 発表標題	岩塩型Li-Ti系酸窒化物負極材料の合成とカチオン比が及ぼす影響調査
3. 学会等名	日本セラミックス協会 2019年会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	藤坂 愛, 古川 裕介, 村井 啓一郎, 森賀 俊広, Geoffrey Waterhouse
2. 発表標題	Ta酸窒化物フォトリック結晶の作製および特性評価
3. 学会等名	日本セラミックス協会 2019年会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Kohei Fukumura, Koki Shibai, Sayaka Hattori, Murai Kei-ichiro, Toshihiro Moriga
2. 発表標題	Synthesis and photoluminescence properties of novel BaSi4O6N2:Eu2+ phosphor
3. 学会等名	International Forum on Advanced Technology2019, Taipei (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 Toshihiro Moriga, Ai Fujisaka, Yusuke Furukawa, Kei-ichiro Murai, Shao-Ju Shih, Wan-Ting Chen, Geoffrey Waterhouse
2. 発表標題 Synthesis of Tantalum Nitride with an Inverse Opal Structure
3. 学会等名 International Forum on Advanced Technology2019, Taipei (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Electrochemical Performance of Rock-salt Type Lithium Titanium Oxynitrides
3. 学会等名 International Conference on New Frontiers in Environmental and Allied Sciences 2019, Pune (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Mizuta, Yu Umeoka, Kohei Shizukawa, Kei-ichiro Murai, Toshihiro Moriga
2. 発表標題 Synthesis and electrochemical performance of novel rocksalt-type oxynitride, $\text{LiTn(0,N)z(n=1,25-2.0, z=4)}$ used as anode material
3. 学会等名 16th Asian Conference on Solid State Ionics, Shanghai (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshihiro Moriga, Kei-ichiro Murai
2. 発表標題 Eco-Friendly Preparation of Oxynitride Pigments and Phosphors from Nonstoichiometric Mixture of Starting Materials
3. 学会等名 2018 International Symposium on Novel and Sustainable Technology, Tainan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 杉山 茂, 森賀 俊広, 加藤 雅裕, 村井 啓一郎, 堀河 俊英, 霜田 直宏, 古部 昭広, 柳谷 伸一郎, 小笠原 正道, 山本 孝, 中村 嘉利, 浅田 元子, 佐々木 千鶴, 田中 秀治, 竹内 政樹, 竹谷 豊, 奥村 仙示, 増田 真志, 岡本 敏弘	4. 発行年 2020年
2. 出版社 徳島大学産業院出版部	5. 総ページ数 88
3. 書名 枯渇資源と技術開発, --- 徳島大学における分野融合型枯渇資源対応技術の開発 ---	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ペロブスカイト酸化物の製造方法、ペロブスカイト酸化物前駆体の製造方法、燃料電池の製造方法	発明者 森昌史、松田マリツク隆磨、村井啓一郎、森賀俊広	権利者 徳島大学、一般財団法人電力中央研究所
産業財産権の種類、番号 特許、2022-141433	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	中村 浩一 (NAKAMURA Koichi) (20284317)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授  (16101)	
研究分担者	大石 昌嗣 (OISHI Masatsugu) (30593587)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授  (16101)	
研究分担者	村井 啓一郎 (MURAI Kei-ichiro) (60335784)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授  (16101)	

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			
イスラエル	Israel Institute of Technology			
その他の国・地域	国立台湾科技大学			
ニュージーランド	オークランド大学			
中国	西安交通大学			