

研究報告書

「量子切断・波長変換による太陽光発電高効率化」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 平成21年10月～平成27年3月

研究者: 田部 勢津久

1. 研究のねらい

太陽光発電の普及と高効率化は、人類の持続的生存のために不可避の目標である。現在普及・実用化している太陽電池の多くは、結晶シリコン系に代表される半導体の単 pn 接合からなっており、その光電変換効率の入射光波長依存性は材料半導体のバンドギャップ等の光学特性に支配されている。したがって、紫外・青色光の領域の短波長側では入射光子エネルギーの割に変換効率は低くなり、単接合型太陽電池の変換効率の上限を規定している、Shockley-Queisser 限界の一因となっている。その一方で、結晶シリコンや CIGS 半導体のバンドギャップは約 1.1eV であるため、これらの太陽電池の分光感度曲線は 1.2eV、波長 1 μm 付近でピークを持つ。そこで、可視光中心波長にピークを持ち、紫外から近赤外まで広帯域のスペクトルを有する太陽光成分のうち、0.5 μm 以下の短波長光子を量子切断により、2 倍数の 1 μm 光子に分裂させれば、より多くの電子-正孔対を発生させることができ、太陽電池の効率を高めることができるはずである。本研究では、長波長光には透明で、紫外・青色成分のみを選択的に吸収、量子効率 200%で波長 1 μm の鋭いスペクトル発光を示す波長変換材料(ガラス、透光性セラミックス、透明導電膜)の探索を行っている。現行のカバーガラスや透明電極に以上の様な波長変換機能を付与することにより、太陽電池の高効率化を目指す。量子切断現象は、希土類イオンの 4f エネルギー準位を巧みに利用して、短波長光子を 2 つの長波長光子へ変換するものであり、紫外-可視波長では良く知られた現象である。一方で、高効率レーザや蛍光体の活性中心である希土類元素のうち、 Yb^{3+} イオン(電子配置 $4f^{13}$ 、4f 軌道にホール 1 ヶ)は、1.25eV 付近に励起準位を一つだけ有している。その単純なエネルギー準位構造ゆえに、多くの単独添加結晶およびガラスホスト中で、0.95 μm での直接励起時にほぼ 100%の量子効率で 1.0 μm 蛍光を示し、高効率ファイバレーザや固体 YAG レーザ材料の活性中心でもあることが良く知られている。

本研究では、エネルギードナーとなる希土類ドープメントの吸収光学遷移やホスト材料のバンド吸収端で、太陽光成分のうち近紫外から可視 0.5 μm までの広い波長域の光を吸収し、2 つの Yb^{3+} イオンへエネルギー伝達して 1 μm 光子を発する、新しい量子切断現象を利用する(図 1)ことにより、高効率太陽光発電への応用展開を計る。

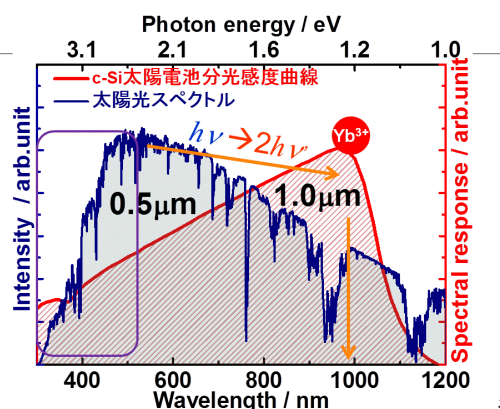


図 1 : 太陽光スペクトルと結晶 Si 感度曲線と波長変換の概念図。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究では、長波長光には透明で、紫外・青色成分のみを選択的に吸収、量子効率 200%で波長 $1\mu\text{m}$ の鋭いスペクトル発光を示す波長変換材料(ガラス、透光性セラミックス、透明導電膜)の探索を行った。

研究項目 A「 $4f-5d$ 許容電子遷移を示すガーネットセラミックスにおける青色 $\rightarrow 1\mu\text{m}$ 変換の発見」については、世界で初めて Ce-Yb 共添加系で、青色 $\rightarrow 1\mu\text{m}$ 波長変換する現象を発見した。光吸収が $5d\leftarrow 4f$ 許容遷移によるため、高い吸収断面積を有し、短波長太陽光成分の相当分を薄い材料厚さで吸収でき、かつエネルギー移動により $1\mu\text{m}$ へ波長変換する。またホストのガーネット固溶体の組成調整により、Ce: $5d$ 準位のエネルギー制御に取り組んだ。

研究項目 B「量子切断を示す希土類-Yb 共添加ガラスの開発と波長変換特性」については、 $1\mu\text{m}$ 発光中心である Yb^{3+} へエネルギー供給するドナーとして、 $2.5\sim 2.8\text{eV}$ 付近に吸収励起準位を有する Pr^{3+} イオンや Tb^{3+} イオンを選び、波長変換特性を調査した。ガラスをホストとして選び、高効率化を試みた。ドナーの量子効率向上のために、母体の透明性を保ちながら、フォノンエネルギーの低いフッ化物のナノ結晶をガラスマトリックス中に析出させ、選択的に両希土類イオンを結晶に固溶させることで、波長変換効率の向上に成功した。さらに同共添加系で、青色光の量子切断機構を検討し、 $1\mu\text{m}$ 光子以外に $1.3\mu\text{m}$ 光子発生も起こっていることを明らかにした。

研究項目 C「母体のバンド間遷移から Yb^{3+} へのエネルギー移動と波長変換」については、近紫外から可視紫にバンド吸収端を有し、かつ電導性を付与できる酸化物結晶として、 ZnO 、 In_2O_3 等を選び、 Yb^{3+} イオンをドーピングして、波長変換特性を調べた。 In_2O_3 に関しては、ITO の主成分で、結晶化学的に Yb_2O_3 と同型、かつ全率固溶であり、20%の高濃度ドーピングでも濃度消光することなく、 $0.4\mu\text{m}\rightarrow 1.0\mu\text{m}$ 変換ができることを見出した。 CeO_2 はホタル石型構造であり、8 配位のカチオンサイトを有するため、高い濃度で Yb ドーピングに成功した。またホストのバンド間遷移吸収により、 $0.4\mu\text{m}\rightarrow 1.0\mu\text{m}$ 変換ができることを見出した。

(2) 詳細

研究項目 A「4f-5d 許容電子遷移を示すガーネットセラミックスにおける青色→1μm 変換」

波長変換材料、特に Ce-Yb 共添加イットリウムアルミガーネット(YAG)の作製と光物性評価を行った。ガーネット結晶中における量子切断機構:セリウム(Ce)からイッテルビウム(Yb)へのエネルギー伝達:による、可視→近赤外蛍光現象を利用した酸化物波長変換蛍光体の作製を行った。まずはガーネット単相生成のための合成条件の確立を行った。得られた試料の波長変換特性、励起スペクトル、量子収率の評価を行い、ドーピング濃度の最適化を計った。

試料作製は酸化物原料を用いた固相反応により真空電気炉を用いて行い、得られた試料の X 線回折測定により、生成結晶相の同定し、ガーネット単相生成のための合成条件の確立を行った。Ce-Yb 濃度依存性の調査より、Ce0.5%、Yb10%の時に青色→近赤外変換効率が最大となり、1μm 発光強度が最大となること(図2)を明らかにした。積分球による全放射束測定からは、量子収率は 20%であることがわかった。

波長変換材料として期待される Ce³⁺-Yb³⁺: YAG 結晶において、ドナーである Ce³⁺の蛍光寿命の Yb³⁺濃度依存性から Ce³⁺から Yb³⁺へのエネルギー移動効率を見積もった。Yb を共添加した試料で Ce³⁺の蛍光寿命の減少を観測し、Yb 濃度 10%において、エネルギー移動効率は 60%程度であると見積るができた。

YAG 中の Ce の発光波長は 530nm であり、量子切断のためには最低 5d 準位のエネルギー位置がやや低く、ET のドナー準位として最適とはいえない。そこでガーネット宿主組成を変え、配位子場(5d 軌道分裂)チューニングによる、波長変換効率の向上を図った。

Ce 単独添加ガーネット蛍光体に関するこれまでの知見によれば、Y の占める 12 面体サイトをイオン半径の小さな Lu で、Al の占める八面体、四面体サイトをイオン半径の大きな Sc や Ga で置換すると 5d 軌道の配位子場分裂が減少するため、発光始準位である最低 5d 軌道のエネルギー位置が上昇し、吸収・発光波長がブルーシフトすることが知られている(図3)。そこで、(Y,Lu)₃(Sc,Ga)₂(Ga,Al)₃O₁₂系で系統的に固溶体の作製を行い、5d 準位位置と波長変換特性の関係を調査した。またガーネットは立方晶構造であることから、透光性セラミックスの作製も行った。YAG, YSAG, YAGG, YGG などガーネット構造の八面体サイト四面体サイトを置換した組成の異なる試料を作製し、光物性を調べた。Ce³⁺:5d 軌道の高さが 20,000cm⁻¹ に近づくにつれて、Yb³⁺へのエネルギー移動(ET)効率が高くなることを明らかにした。また副産物(セレンディピティ)として YAGG:Ce,Cr ガーネットで長残光が起こることを発見した。Appl. Phys. Lett. 104, (2014) 101904 (4p). 日没後の夜間発電の可能性を示すものである。

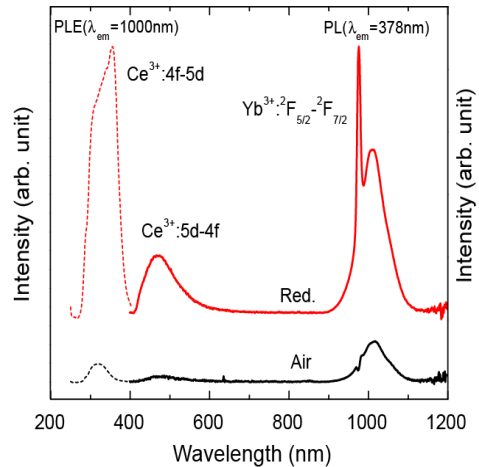


図 2 : Ce-Yb 系の発光スペクトル。



図 3 : LuAG, YAG, GdAG 固溶体セラミックスの写真。

研究項目 B「量子切断を示す希土類-Yb 共添加透明セラミックスの開発と波長変換特性」

Pr³⁺, Yb³⁺系における量子切断現象を検証する上で、ドナーである Pr³⁺:³P₀ 準位の寿命を測定し、Pr³⁺から Yb³⁺への ET 効率を算出した。Pr³⁺-Yb³⁺共添加フッ化物結晶析出結晶化ガラス試料の Pr³⁺:³P₀ 準位の蛍光寿命は、Pr³⁺単独添加試料のそれよりも短くなり、量子切断過程の第一段階の ET 効率は最大で 80%と見積もられた。また量子切断・波長変換機構を調べるために、励起波長や試料温度を変えて発光スペクトルを測定ことにより、青色励起時の発光機構を考察した。可能性としては、図4に示す様に、(I)³P₀→¹G₄ の 2 段階発光、(II)Pr から Yb への 2 段階 ET、(III)³P₀ 準位から一段階 ET と ¹G₄ 発光(1.3μm)、(IV)³P₀ 発光と ¹G₄ から Yb への一段階 ET が考えられる。このうち、(III)の機構が最も高い確率で起こっていることが明らかとなった。つまり量子切断は起こっているが、1μm 光子+1.3μm 光子への変換であり、青色→1μm 変換の量子効率は 80%を下回る。

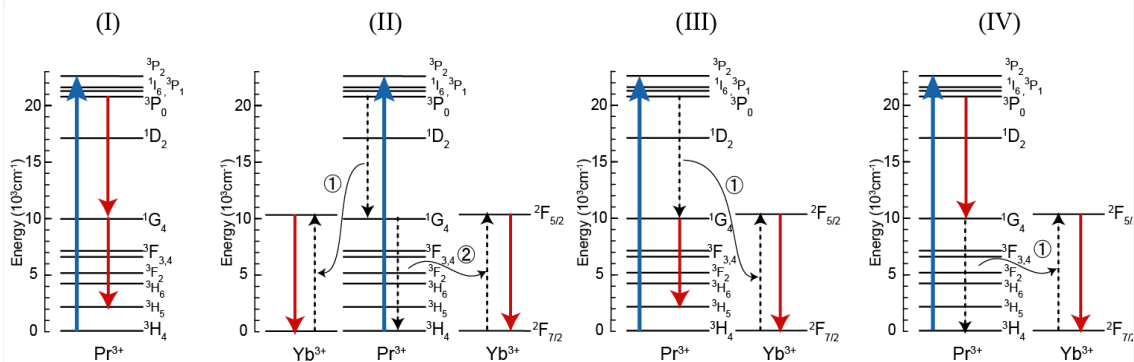


図 4 : Pr-Yb 添加系における可能なエネルギー移動機構。

これまでにガラスやフッ化物結晶で、2 段階エネルギー移動(ET)により、青色→1μm 量子切断が起こることを確認している Pr³⁺- Yb³⁺の組合せで、ホスト材料として、立方晶構造で、ランタニドを高濃度で固溶可能、またフォノンエネルギーも小さいために ETドナーである Pr³⁺:³P₀ 準位の高効率化が期待できる Y₂O₃ や Gd₂O₃ 酸化物を Pr³⁺- Yb³⁺のホストとして選択し、その透光性セラミックスの作製を行った。共沈法によるナノ粉末の作製や、スリップキャスト法によるペレットの成形、種々の助剤の添加がセラミックスの透光性に与える影響について調べ、それぞれの方法で得られた沈殿物やナノ粉末の粒子の形態、サイズは、SEM と粒径分布装置により観測し、焼結した試料については透過率測定や SEM による表面観察を行伊、条件の最適化を行った。さらに、Pr³⁺- Yb³⁺共添加 Y₂O₃ について、その可視-近赤外での光学特性を評価し、波長変換機構の解明を行った。

研究項目 C「母体のバンド間遷移から Yb³⁺へのエネルギー移動と波長変換」

CeO₂ 結晶に Yb をドーピングし、400nm 以下のバンド励起で、Yb³⁺への ET の結果、1μm 発光が観測された。紫外から 1000 nm への波長変換機能を持つ多結晶 Yb³⁺添加 In₂O₃ の作製に成功した。Yb³⁺を添加した試料において、1000 nm 付近に Yb³⁺の f-f 遷移による吸収が観測され、添加量の増加に伴い、回折パターンは立方晶 Bixbyite 型のまま不変で格子定数のみが増加したことから、ホストへの Yb³⁺の固溶が確認された。Yb³⁺の添加量の増加に伴い、バンドギャップは増加した。図5に示す様に、378 nm 励起で、Yb³⁺の ²F_{5/2} から ²F_{7/2} への遷移に相当する

1000 nm 付近の発光が観測された。360 nm 付近、470 nm 付近にピークを持つ励起バンドが得られ、前者はホストのバンド間遷移、後者は酸素欠陥に由来すると考えられる。二種類の励起光 (378 nm、488 nm) で Yb^{3+} の発光のスペクトル形状に違いが観測されたため、 Yb^{3+} は少なくとも 2 つの異なる配位環境にあり、ホストにより吸収されたエネルギーは 2 種類の Yb^{3+} へ選択的に移動することが示唆された。

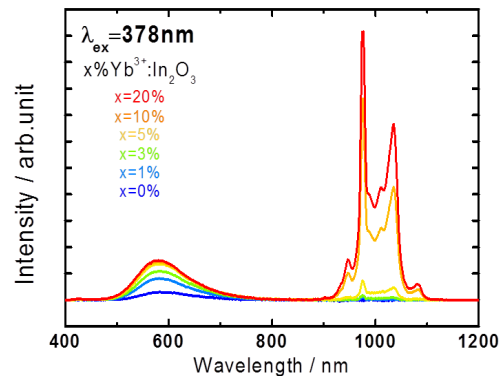


図 5 : $(\text{In}_{1-x}\text{Yb}_x)_2\text{O}_3$ の発光スペクトル。

研究項目 D「PLD 法による透明導電薄膜の作製と波長変換」

ITO のホストである In_2O_3 に Yb^{3+} を添加した薄膜を PLD 法で、4 種類の一定酸素分圧下でシリカガラス基板に蒸着を行い、熱処理を行った。すべての試料は可視域全体で高い透過率を持つこと、バンドギャップは 3.6~3.8 eV と算出された。熱処理を行わない、蒸着後の「as-depo」試料はアモルファスだが、熱処理を行うことで In_2O_3 と同形の結晶構造へ変化し、紫外励起で 1 μm 付近に Yb^{3+} による鋭い発光が観測され、その強度は熱処理温度の上昇に伴い増加した。観測励起帯から、透明薄膜のホストのバンド吸収からの波長変換であることがわかった。

3. 今後の展開

量子切断による光子数倍増という当初の目標を達成することができなかったが、通常蛍光 (1 光子 → 1 光子長波長変換) による太陽電池効率向上は他の研究者により報告されている。5 年半に渡り模索を続けてきた末の現時点の見解では、 Yb^{3+} イオンを介する波長変換機構において、ある消光機構が介在し、量子切断が起こっていても量子効率が 100% を超えることができない。一方、研究遂行の途中で、研究対象と同系列の Ce 添加ガーネット結晶が Cr 共添加により、光を蓄え、励起光遮断後も 10 時間以上の長時間に渡って残光を示すことを偶然発見した。これを太陽電池と組み合わせると夜間発電を可能とする可能性がある。1994 年に開発され今日普及している夜光塗料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}$ 残光蛍光体は紫外光でのみ蓄光が可能であるが、今回発見した Ce ガーネット系材料は近紫外光のみならず青色光での蓄光も可能であり、照射光遮断後に緑からオレンジの波長で長残光を示す。光吸収と発光の時間軸がずれた形であるが、これも一種の波長変換であり、同時に蓄「光エネルギー」材料の開発につながった。

4. 評価

(1) 自己評価

(研究者)

本研究では、太陽光成分のうち、0.5 μm 以下の短波長光子を量子切断により、2 倍数の 1 μm 光子に分裂させて、太陽電池の電子-正孔対発生効率を高めることを目標とした。そのた

め、長波長光には透明で、紫外・青色成分のみを選択的に吸収、量子効率 200%で波長 $1\mu\text{m}$ の鋭いスペクトル発光を示す波長変換材料(ガラス、透光性セラミックス、透明導電膜)の探索を行ってきた。

研究項目 A については、世界で初めて Ce-Yb 共添加系で、青色→ $1\mu\text{m}$ 波長変換する現象を発見し、*J.Appl.Phys.*誌に発表した【論文1】。光吸収が $5d\leftarrow 4f$ 許容遷移によるため、高い吸収断面積を有し、短波長太陽光成分の相当分を薄い材料厚さで吸収でき、かつエネルギー移動により $1\mu\text{m}$ へ波長変換する。この材料の発見は、高く注目を集め、同論文は 70 回の被引用回数を数えている。その後、ホストのガーネット結晶の固溶体組成調整により、ドナーである Ce:5d 準位のエネルギーチューニングによるエネルギー移動効率向上に取り組んだが、結果的に量子効率 100%を超えておらず、成果に不満を感じている。

研究項目 B については、 $1\mu\text{m}$ 発光中心である Yb^{3+} へエネルギー供給するドナーとして、励起準位のちょうど 2 倍強の 2.5~2.8eV 付近に吸収励起準位を有する Pr^{3+} イオンや Tb^{3+} イオンを選び、波長変換特性を調査している。ホストとして、透明なカバー材に適しているガラスを選び、高効率化を試みている。ドナーの量子効率向上のために、母体の透明性を保ちながら、フォノンエネルギーの低いフッ化物のナノ結晶をケイ酸塩ガラスマトリックス中に析出させ、選択的に両希土類イオンをフッ化物結晶に固溶させることで、波長変換効率の向上に成功している。この手法は特に Pr^{3+} イオンに関しては、エネルギードナー準位である ${}^3\text{P}_0$ 準位の量子効率が、多フォノン緩和により低下しやすいため、有効に働くことを見出している。さらに同共添加系で、青色光の量子切断機構を詳細に検討し、 $1\mu\text{m}$ フォトン以外に $1.3\mu\text{m}$ 光子発生も起こっていることを分光学的に明らかにした。

研究項目 C については、近紫外から可視紫にバンド吸収端を有し、かつ電導性を付与できる酸化物結晶として、 ZnO 、 In_2O_3 等を選びに Yb^{3+} イオンをドーピングして、波長変換特性を調べている。これは、太陽電池セルを構成する透明導電膜に波長変換機能を付与することを念頭に置いたものであり、既存セルの構造を大幅に変えることなく、入射フォトン数を増やすというアイデアである。 In_2O_3 に関しては、ITO の主成分で、結晶化学的に Yb_2O_3 と同型、かつ全率固溶であり、20%の高濃度ドーピングでも濃度消光することなく、 $0.4\mu\text{m}\rightarrow 1.0\mu\text{m}$ 変換ができることを見出した。 CeO_2 はホタル石型構造であり、8 配位のカチオンサイトを有するため、高い濃度で Yb ドーピングに成功した。またホストのバンド間遷移吸収により、 $0.4\mu\text{m}\rightarrow 1.0\mu\text{m}$ 変換ができることを見出した。

以上、本研究では、Yb の $1\mu\text{m}$ 発光を利用するという共通基盤は堅持しつつ、3 つの異なる視点から、透光性セラミックス、ガラス、導電性薄膜材料をホストとして、波長変換の発現を見出している。しかし未だ量子効率 100%を超える材料系の発見に至っておらず、各 3 つの項目において研究期間内に高効率化の実現には至らなかった。一方で、本研究の概念は注目を集めており、6-(3)に記載した以外にも国際会議招待講演数は枚挙に暇がない。

(2) 研究総括評価(本研究課題について、研究期間中に実施された、年2回の領域会議での評価フィードバックを踏まえつつ、以下の通り、事後評価を行った)。

(研究総括)

広帯域の太陽光のうち、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の短波長光子を量子切断で、2つの $1\mu\text{m}$ 長波長光子に分裂させれば、高い効率で電子・正孔対を発生させることができ、結晶Si太陽電池の光電

変換効率の増大が期待される。ここで使用される量子切断用蛍光体は、1つの高エネルギー光子を吸収して、より低エネルギーの2つの光子を放出する蛍光体で、太陽電池応用として、ドナー(セリウム; Ce^{3+})とアクセプター(イッテルビウム; Yb^{3+})を共添加したYAG(イットリウムアルミニウムガーネット)を基本系とする結晶宿主材料やガラス宿主材料などの最適な量子切断を示す材料組成を検討する必要がある。田部研究者は、これまでに、紫外可視成分を吸収し、高量子効率で $1\mu m$ 発光を示す波長変換材料(ガラス、透光性セラミックス、透明導電膜)の探索を進め、 P^{3+} - Yb^{3+} 共添加オキシフロライド透明結晶化ガラスの可視-近赤外波長変換特性の評価研究において、エネルギー移動のメカニズム解析に注力している。

本研究では、長波長光には透明で、紫外・青色成分のみを選択的に吸収、量子効率200%で波長 $1\mu m$ の鋭いスペクトル発光を示す波長変換材料(ガラス、透光性セラミックス、透明導電膜)の探索を行った。 Yb の $1\mu m$ 発光を利用するという共通基盤は堅持しつつ、3つの異なる視点から、透光性セラミックス、ガラス、導電性薄膜材料を宿主として、波長変換の発現を見出している。しかし未だ量子効率100%を超える材料系の発見に至っておらず、各3つのテーマにおいて研究期間内に高効率化の実現には至らなかった。量子切断・波長変換という極めて重要で困難な研究課題に挑戦したことは高く評価できる。その証拠として、本研究の概念は注目を集めており、多くの国際会議に招待されている。結果を着実に論文化し、70件以上の引用がある論文もあり、国際的な注目を浴びている。波長変換材料という観点で学術的あるいは応用的観点から優れた成果が得られている。世界で初めてCe-Yb共添加系で、青色→ $1\mu m$ 波長変換する現象を、更に、光を蓄え、励起光遮断後も10時間以上の長時間に渡って残光を示すことを発見した。

Yb の $1\mu m$ 発光を利用した波長変換材料の開発において、宿主材料として透光性セラミックス、ガラス、導電性薄膜材料の可能性を系統的に調べ上げたが、波長変換の量子効率100%を超える材料系の実現までには至らず、今後の課題として残った。 Yb^{3+} イオンを介する波長変換機構において、どのような消光機構が働き量子効率が100%を超える量子切断プロセスを妨げているのかメカニズム解明とその制御法の研究を期待したい。材料探索の方法は正しく、エネルギー移動を効率化する何かが足りないと思われる。そこにたどり着くことを期待する。現時点では、量子効率が100%を超えることはなかったが波長変換効率向上の可能性は残っている。波長変換材料としては優れた材料を見出している。今回の検討結果をもとに、波長変換、量子切断ともに実用化できるための条件、そのような系の可能性探索法など、この分野をさらに進めるための指針を明確にしてほしい。量子切断による光子数倍増は Yb イオン系では未達成であったが、ならば量子切断による光子数倍増を実現するための条件は何かを研究成果をもとに明確にするために、この現象の基礎研究を続け、量子効率の向上に努めて欲しい。100%以上の波長変換ができていないが、変換を阻害する本質的な機構を明らかにすれば、ブレークスルーにつながるはずで、今回、原理を確立したことは、100%以上が得られなくても、評価して良い。粘り強く、原理に立ち戻って原因を明らかにすれば100%を超えることも考えられ、是非、実現してこの分野を牽引してほしい。完全でなくても、原理的に新しいコンセプトを提案し、この分野やさらに発展させた分野を牽引する研究者として大成してほしい。今後は、より大胆な発想による挑戦を実行し、この分野の真の開拓者を目指して頂きたい。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

- | |
|--|
| 1. J. Ueda, S. Tanabe, "Visible to near infrared conversion in Ce ³⁺ -Yb ³⁺ codoped YAG ceramics", <i>J. Appl. Phys.</i> 106[4], (2009) 043101 (5p). |
| 2. Y. Katayama, S. Tanabe, "Near infrared downconversion in Pr ³⁺ -Yb ³⁺ codoped oxyfluoride glass ceramics", <i>Optical Materials</i> 33[2], (2010) 176-179. |
| 3. S. Ye, Y. Katayama, S. Tanabe, "Down conversion luminescence of Tb ³⁺ -Yb ³⁺ codoped SrF ₂ precipitated glass ceramics", <i>J. Non-Cryst. Solids</i> 357, (2011) 2268-2271. |
| 4. Y. Katayama, S. Tanabe, "Mechanism of quantum cutting in Pr ³⁺ -Yb ³⁺ codoped oxyfluoride glass ceramics", <i>J. Lumin.</i> 134, (2013) 825-829. |
| 5. Y. Zhuang, S. Tanabe, "Forward and back energy transfer between Cu ²⁺ and Yb ³⁺ in Ca _{1-x} CuSi ₄ O ₁₀ :Yb _x crystals", <i>J. Appl. Phys.</i> 12[9], (2012) 093521 (6p). |

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0件

(3) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

- (1) S. Tanabe, J. Ueda, T. Nakanishi, "Active glass ceramics for photonic applications", "Oxide-based Materials and Devices IV", *SPIE OPTO, Photonics West 2013* (San Francisco, 2013.2.4 (招待講演))
- (2) S. Tanabe, "Spectroscopy of Yb-doped Downconversion Materials for Efficient Photovoltaics", *Symposium: "Photon absorption for solar energy harvesting", 19th International Material Research Congress 2010*, Cancun, 2010/8/17 (招待講演)
- (3) S. Tanabe, "Novel optical glass and ceramics for green photonics", *18th International Symposium on Non-Oxide and New Optical Glasses (ISNOG)*, Saint-Malo, France, 2012.7.2 (基調招待講演)
- (4) S. Tanabe, J. Ueda, "Rare-earth Doped Phosphor Materials for Green Technologies." *2011 Material Research Society (MRS)*, (San Francisco, 2011.4.28 (招待講演))
- (5) S. Tanabe, "Bandgap Engineering of Persistent and Photo-Stimulated Phosphors and their Photo-Electric Properties", *Phosphor Global Summit 2014*, San Diego, 2014.3.27 (招待講演)
- (6) 上田純平、田部勢津久、「波長変換用蛍光体材料—白色 LED・太陽電池への応用を中心として—」(監修: 山元明、磯部徹彦、シーエムシー出版, 2012) 第4章 太陽電池の効率向上のための波長変換材料 "4.青色光から近赤外光への変換", pp.190-199.
- (7) 田部 勢津久、片山 裕美子、「希土類含有量子切断波長変換材料」、*MATERIAL STAGE* 12[12], (2013) 51-55. (依頼執筆総説)
- (8) 田部勢津久、「グリーンテクノロジーを指向した希土類波長変換材料」、「希土類」No.59, (2011) 11-18. (依頼執筆総説)
- (9) 田部勢津久、上田純平、「高効率太陽光発電のための可視-近赤外波長変換材料」、「マテリアルズインテグレーション」23[1], (2010) 34-39. (依頼執筆総説)