

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03538

研究課題名(和文) 半導体ナノ粒子の波長変換機能によるアドオン型の太陽電池特性制御

研究課題名(英文) Post-process control of PV characteristics using wavelength conversion properties of semiconductor nano-particles

研究代表者

重川 直輝 (Shigekawa, Naoteru)

大阪市立大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：60583698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：波長変換機能を有し、かつ、優れた発光量子効率を有するMnドーピングZnSe系コアシェル型半導体ナノ粒子をSi太陽電池表面に堆積し、紫外域(350 nm)における内部量子効率とナノ粒子の光学密度の相関を調べた。ナノ粒子の堆積により内部量子効率が增加すること、シェルドーピングナノ粒子を堆積した太陽電池において、内部量子効率の増加はより顕著であることを明らかにした。内部量子効率の増加はナノ粒子の波長変換機能に基づくモデルと良い一致を示した。これらの結果により、半導体ナノ粒子による入射光スペクトルのアドオン制御の可能性、太陽電池特性向上の可能性を示すとともに、ナノ粒子の優れた光学特性の有用性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高い発光量子効率の半導体ナノ粒子を用いることで太陽電池の量子効率を向上可能であること、その増加量をモデル計算により説明可能であることを実証したことにより、従来は主に光学物性の研究対象であった半導体ナノ粒子の波長変換機能が太陽電池特性向上という有用性へとつながる可能性を示した。特に、ナノ粒子の母材となる半導体材料(バンドギャップ)やその粒径(量子サイズ効果)を制御することに依り、太陽電池の設置条件に応じて最適な入射光のスペクトル制御が実現される可能性、設置条件に応じて太陽電池特性を後付けで最適化できる可能性、を示した。

研究成果の概要(英文)：We deposit Mn-doped Zn-based nanoparticles (NPs) on Si solar cells using the drop casting and layer-by-layer methods and investigate the relationship between their internal quantum efficiency (IQE) in ultraviolet region (wavelength of 350 nm) and optical density. The IQE is enhanced by depositing NPs. The enhancement of IQE is more marked in Si cells coated by shell-doped NPs. The increase of IQE is well explained by using a model based on the luminescence downshifting effects of NPs. We measure their current-voltage and spectral response characteristics. These results indicate the possibility of add-on tuning of spectrum of incident solar irradiance and improvement of solar cell characteristics. The usefulness of advanced optical properties of semiconductor NPs is also suggested.

研究分野：半導体素子

キーワード：太陽電池 量子効率 半導体ナノ粒子 コアシェル型ナノ粒子

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

一つの pn ダイオードからなる太陽電池(単接合太陽電池)の変換効率の上限(Shockley-Queisser limit)をしのぐ高変換効率を実現するために、異なるバンドギャップの太陽電池(サブセル)を積層した多接合太陽電池の研究開発が全世界的に推進されている。研究代表者(重川)は連携研究者(梁)とともに表面活性化接合法により様々な異種半導体接合(ヘテロ接合)を作製し電気特性評価、デバイス化の研究を行ってきた。高変換効率かつ低コストの太陽電池を実現するために Si 太陽電池と化合物半導体太陽電池を貼り合せ、Si 太陽電池をしのぐ変換効率の InGaP/GaAs/Si 3 接合太陽電池を作製した。各サブセルのバンドギャップが理想値と異なるため Si ボトムセルの短絡電流が不足し(電流不整合)、そのために変換効率が制限される事を見出していた。

多接合太陽電池の変換効率はサブセル数(接合数)の増加により向上すると期待される。他方で電流不整合はより大きな影響を及ぼす。電流整合を実現するために、すべてのサブセルのバンドギャップを理想値とすることは不可能であるから、電流不整合の影響を緩和する手段が必要不可欠である。単接合太陽電池においては、理想値に近い短絡電流を実現するために、表面の反射を抑制するテクスチャ構造やナノ構造、裏面反射ミラー(ダブルパス化)が導入されている。多接合太陽電池における電流不整合はサブセルが吸収する光量のアンバランスが原因であり、サブセルの構造の検討のみでは不十分である。

波長変換機能を有する材料を用いることにより短波長の入射光を長波長の光に変換する(Luminescence downshifting=LDS)ことが可能である。太陽電池表面で LDS 効果を実現することにより、短波長の入射光によって生成される電子、正孔の表面再結合を抑制し、太陽電池の性能を向上させるという試みがなされている。太陽電池表面に塗布される LDS 材料としては、主に色素や発光中心の錯体が研究されていた。入射光のスペクトルは太陽電池の環境によって異なるため、設置条件にあわせて LDS 材料の吸収スペクトルの最適化が可能であることが求められる。半導体ナノ粒子は波長変換機能を備えるとともに、半導体材料の選択、粒径の制御により吸収スペクトルを変化させることができる。

研究開始時点で、研究分担者(金)はナノメータサイズで、かつ粒径の揃った各種化合物半導体ナノ粒子の合成に成功していた。更に種々の基板上に所定の層数の半導体ナノ粒子の積層に成功していた。発光中心として Mn をドーピングすることにより入射光波長よりも長波長の発光を得た。合成・積層されたナノ粒子は半導体光物性の実験研究に用いられていた。

本研究の予備実験として、重川と梁は簡易的な Si 太陽電池を作製し、金と協力してその表面に CdTe ナノ粒子を積層した。積層前後の太陽電池の特性変化を調査し、太陽電池にダメージを与えることなくナノ粒子が積層可能であること、ナノ粒子の積層によって表面反射率が低下し、短絡電流、変換効率が増加すること、を明らかにしていた。すなわち、作製済みの太陽電池の特性を後付けで(アドオン)改善可能であることを示していた。

本研究では、これらの現状認識及び予備検討結果に基づき、半導体ナノ粒子の太陽電池用 LDS 材料としてのポテンシャルの検証を目指した。

### 2. 研究の目的

太陽電池の特性を「後付け」で向上させるために、半導体ナノ粒子の太陽電池特性に対する LDS 効果の検証を目的とした。具体的には以下の(1)~(3)を目指した。(1)波長変換機能を備える、すなわち短波長の入射光を吸収し所望の長波長の光に変換する、半導体ナノ粒子を合成する。(2)(1)の半導体ナノ粒子を作製済みの太陽電池表面に積層し半導体ナノ粒子層を形成する。光学密度の高いナノ粒子層を実現する。(3)太陽電池の内部量子効率に着目し、同半導体ナノ粒子層による太陽電池特性の改善効果を検証する。半導体ナノ粒子の発光量子効率と太陽電池特性の改善効果の関連性を明らかにする。本研究の意義は、以上を実現することにより、従来はもっぱら光物性の研究対象であった半導体ナノ粒子の実用上の価値を明確化することにある。

### 3. 研究の方法

保有技術である水熱合成法を用いて発光量子効率の高い半導体ナノ粒子の合成条件を探索した。特に、室温におけるバルクのバンドギャップが 2.7 eV である ZnSe のナノ粒子の合成条件、同ナノ粒子への発光中心である Mn 原子のドーピング条件を探索した。これまでナノ粒子層堆積に使用してきたレイヤバイレイヤ(LBL)法に加えて、厚膜化、高密度化が可能なナノ粒子堆積手法の検討を行った。研究代表者が III-V/Si ハイブリッド多接合太陽電池研究で使用した簡易 Si セル表面にナノ粒子を堆積し、堆積前後の太陽電池特性を調査した。LDS 効果を明らかにするために、ナノ粒子の吸収波長に対応する波長域での内部量子効率(IQE)に着目した。

### 4. 研究成果

#### (1) 高発光効率ナノ粒子の実現及び波長変換過程の解明( )

波長変換機能の発現、太陽電池表面の積層による特性向上を狙って Zn 系半導体ナノ粒子への発光中心としての Mn ドーピング導入、波長変換効率向上の検討を行った。pH 等の合成条件の検討により、Mn をドーピングした ZnSe ナノ粒子(ZnSe:Mn ナノ粒子)において Mn 3d 準位間の遷移によるフォトルミネッセンスの観測に成功した(図1)。本検討に先立ち研究を進めてい

た CdS ナノ粒子の発光量子効率の値 (4%) を大きく改善し、発光量子効率 ~20% を得た。ナノ粒子における表面再結合を抑制するため同ナノ粒子の表面を ZnS シェル層で被覆した「ZnSe:Mn / ZnS コア/シェル型ナノ粒子」を作製した。コアシェル構造の採用により発光の量子効率が 30% まで向上することを見出した。発光効率をさらに向上させるために、ZnSe コアナノ粒子に直接ドーピングするのではなく、ノンドーピング ZnSe ナノ粒子をコアナノ粒子に用いて、ZnS:Mn シェル層の形成時に Mn をドーピングし、その外側を ZnS キャップ層で覆った三層構造の ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子を作製した。作製条件を最適化することにより、吸収端 400 nm、フォトルミネッセンスピーク波長 580 nm の ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子において、>80% という極めて高い発光量子効率を達成した。

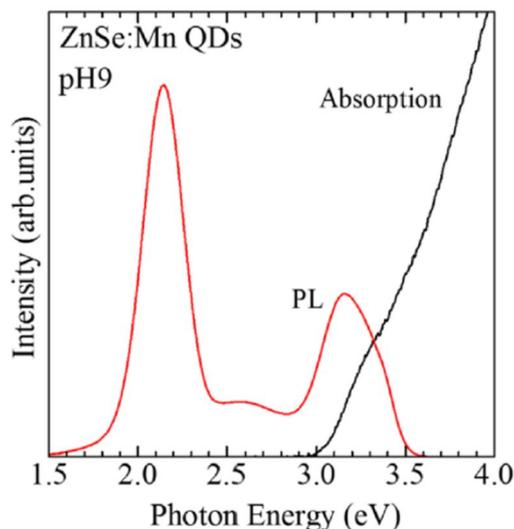


図1 . ZnSe:Mn ナノ粒子の吸収スペクトル及び PL スペクトル。合成時に pH=9 とすることにより、Mn 由来の強い PL 発光が得られた。

### (2) 高密度ナノ粒子の堆積手法の開発

LBL 法によって実現されるナノ粒子層厚は 1  $\mu\text{m}$  以下である。半導体ナノ粒子の LDS 効果を太陽電池の特性向上に結び付けるために、ナノ粒子の厚膜化、高密度化が必要である。LBL 法に代わる半導体ナノ粒子の堆積手法として、半導体ナノ粒子を分散させたポリビニルアルコール中に試料を浸漬し乾燥させるというドロップキャスト (DC) 法を検討した。コアドーピングナノ粒子を用いた条件の最適化により、厚さ数  $\mu\text{m}$  という厚膜ナノ粒子層の実現、LBL 法によるナノ粒子層を上回る光学密度 (図2)、フォトルミネッセンス強度 (図3) を達成した。

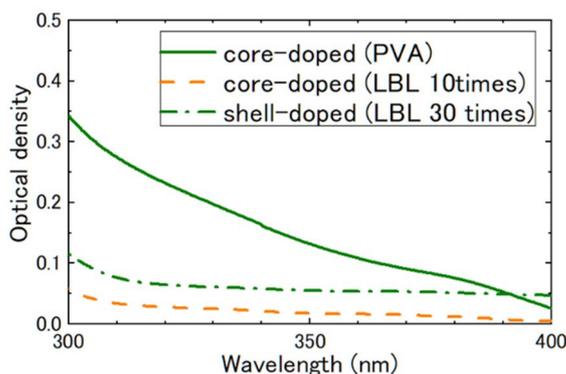


図2 . ドロップキャスト法と LBL 法による Mn ドープナノ粒子層の光学密度

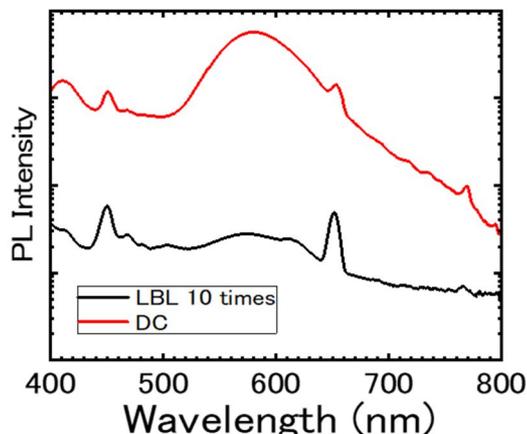


図3 . ドロップキャスト法と LBL 法による Mn ドープナノ粒子層の PL スペクトル。

### (3) Mn ドーピング半導体ナノ粒子の堆積による太陽電池の内部量子効率向上

発光中心をドーピングしていない CdS ナノ粒子を LBL 法により簡易 Si セル上に堆積し、堆積前後のセル特性を比較した。短絡電流、外部量子効率の増加は確認されたものの、CdS ナノ粒子の吸収スペクトルのピークに相当する 412 nm 付近において内部量子効率の改善は確認されなかった。半導体ナノ粒子の LDS 効果による太陽電池特性改善を実現するためには、発光量子効率の改善が必要であることを明らかにした ( )。

上記 (1) の成果である、発光の量子効率 84% の ZnSe/ZnS:Mn/ZnS コアシェル型ナノ粒子、量子効率 30% の ZnSe:Mn/ZnS コアシェル型ナノ粒子を Si 太陽電池表面に堆積した。堆積手法として、LBL 法に加えて上記 (2) の成果である DC 法を使用した。ナノ粒子堆積前後の太陽電池の air mass1.5G/1sun の下での電流 - 電圧 (I-V) 特性、分光感度特性 (外部量子効率、反射率) を測定した。ナノ粒子堆積による 300-400 nm の範囲における内部量子効率の増加 (図4) を実証した。350 nm における各ナノ粒子層の OD と同波長における分光感度のプロット (図5) により、ZnSe/ZnS:Mn/ZnS コアシェル型ナノ粒子層とそれより高 OD の ZnSe:Mn/ZnS コアシェル型ナノ粒子層が内部量子効率に対して同等の効果もたらすことを示した。これらの結果により、半導体ナノ粒子層により LDS 効果が発現し太陽電池の特性が改善されること、発光量子効率が高いナノ粒子を堆積することにより、その効果が更に顕著となることを実証した ( )。

ナノ粒子堆積後に LDS 効果が発現した状態での紫外光(波長 350 nm)に対する分光感度  $IQE_{LDS}$  を、ナノ粒子堆積前の紫外光に対する分光感度  $IQE_{UV}$ 、ナノ粒子発光(可視光)に対応する分光感度  $IQE_{vis}$ 、ナノ粒子の発光量子効率 LQE、紫外光のナノ粒子層透過確率  $T (=10^{-OD}$ 、但し OD はナノ粒子層の光学密度) ナノ粒子発光のナノ粒子層上方、側面からのロスを表す係数  $\alpha (0 < \alpha < 1)$  を用いて、以下の通り定式化した。

$$IQE_{LDS} = (1-T) \times LQE \times \alpha \times IQE_{vis} + T \times IQE_{UV}$$

$IQE_{vis}$  としてナノ粒子発光スペクトルのピーク波長である 580 nm における IQE の値を用い、 $\alpha=0.7$  を仮定することにより、LQE、OD の異なるナノ粒子層を堆積した Si セルについて測定結果を再現する結果を得た(図 5)。今後、本モデルをもとに、光学密度の向上、発光量子効率向上、表面・側面からのロスの低減により LDS 効果の向上を進めるとともに、異なる半導体材料を用いた Mn ドーピング半導体ナノ粒子の研究を行うことにより、吸収特性のチューニングが可能な LDS 材料の実現が期待される。

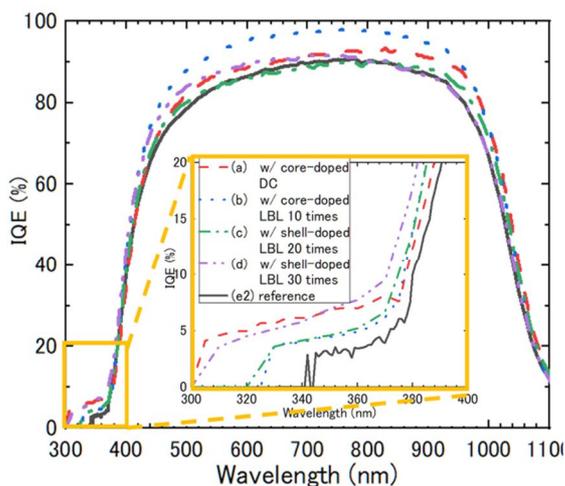


図 4 .コアドーブ及びシェルドーブナノ粒子層を堆積した Si セルの内部量子効率。

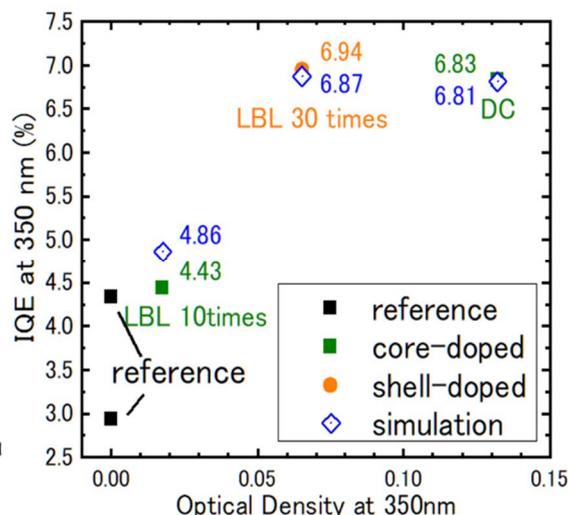


図 5 . ナノ粒子層を堆積した Si セルの 350 nm における内部量子効率と 350 nm におけるナノ粒子層の光学密度の関係。モデル計算の結果もあわせて示す。

#### < 引用文献 >

- Hisaaki Nishimura, Yuxin Lin, Masayuki Hizume, Taichi Taniguchi, Naoteru Shigekawa, Tomomi Takagi, Susumu Sobue, Shoichi Kawai, Eiichi Okuno, and DaeGwi Kim, "Hydrothermal synthesis of ZnSe:Mn quantum dots and their optical properties", AIP Advances 9, 0225223 (2019) (7 pages). DOI: 10.1063/1.5085814
- Hisaaki Nishimura, Yuxin Lin, Masayuki Hizume, Taichi Taniguchi, Naoteru Shigekawa, Tomomi Takagi, Susumu Sobue, Shoichi Kawai, Eiichi Okuno, and DaeGwi Kim, "Synthesis of Mn-Doped ZnSe-ZnS Alloy Quantum Dots by a Hydrothermal Method", Chem. Lett. 48, 9, pp. 1081-1083 (2019). DOI: 10.1246/cl.190365
- Y. Idutsu, S. Tanaka, J.Liang, T.Narazaki, H.Nishimura, D.G.Kim, and N.Shigekawa, "Effects of Layered Cadmium-Based Nanoparticles on Si Solar Cells," Proc. 2019 IEEE 46th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Chicago, IL, USA, 2019, pp. 1753-1755. DOI: 10.1109/PVSC40753.2019.8981279
- Y.Idutsu, J.Liang, H.Nishimura, D.G.Kim, and N.Shigekawa, "Modulation of Characteristics of Si Solar Cells by Luminescence-Downshifting Zn-Based Nanoparticles with Mn doped", to be presented in 2020 IEEE 47th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10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 Nishimura Hisaaki, Lin Yuxin, Hizume Masayuki, Taniguchi Taichi, Shigekawa Naoteru, Takagi Tomomi, Sobue Susumu, Kawai Shoichi, Okuno Eiichi, Kim DaeGwi	4. 巻 9
2. 論文標題 Hydrothermal synthesis of ZnSe:Mn quantum dots and their optical properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 025223 ~ 025223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5085814	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 Chang I-Ya, Kim DaeGwi, Hyeon-Deuk Kim	4. 巻 123
2. 論文標題 Correlated Roles of Temperature and Dimensionality for Multiple Exciton Generation and Electronic Structures in Quantum Dot Superlattices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 2549 ~ 2556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b10565	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 Lee TaeGi, Shimura Kunio, Kim DaeGwi	4. 巻 20
2. 論文標題 Surface modification effects on defect-related photoluminescence in colloidal CdS quantum dots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 11954 ~ 11958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP07812A	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 Y-S. Lee, K. Nakano, H-B. Bu, and D. Kim	4. 巻 10
2. 論文標題 Microwave-assisted hydrothermal synthesis of highly luminescent ZnSe-based quantum dots with a quantum yield higher than 90%	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Express	6. 最初と最後の頁 065001, 4pg
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/APEX.10.065001	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 D. Kim, T. Lee, Y-S. Lee, and T. Watanabe	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental verification of Forster energy transfer and quantum resonance between semiconductor quantum dots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Current Appl. Phys., in press	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) 10.1016/j.cap.2017.11.012	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. Lee, K. Shimura, and D. Kim	4. 巻 -
2. 論文標題 Surface modification effects on defect-related photoluminescence in colloidal CdS quantum dots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem Phys., in press	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) 10.1039/C7CP07812A	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 Nishimura Hisaaki, Lin Yuxin, Hizume Masayuki, Taniguchi Taichi, Shigekawa Naoteru, Takagi Tomomi, Sobue Susumu, Kawai Shoichi, Okuno Eiichi, Kim DaeGwi	4. 巻 48
2. 論文標題 Synthesis of Mn-Doped ZnSe-ZnS Alloy Quantum Dots by a Hydrothermal Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1081 ~ 1083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190365	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 Idutsu Y., Tanaka S., Liang J., Narazaki T., Nishimura H., Kim D.G., Shigekawa N.	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Layered Cadmium-Based Nanoparticles on Si Solar Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 2019 IEEE 46th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)	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) 10.1109/PVSC40753.2019.8981279	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 Lee Yong-Shin, Taniguchi Taichi, Kim DaeGwi	4. 巻 1220
2. 論文標題 Temperature dependence of photoluminescence properties of water-soluble ZnSe quantum dots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012024 ~ 012024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1220/1/012024	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 Nishimura Hisaaki, Lin Yuxin, Kunimasa Yuki, Kim DaeGwi	4. 巻 1220
2. 論文標題 Preparation of ZnSe-ZnS alloy quantum dots by a hydrothermal method and their optical properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012027 ~ 012027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1220/1/012027	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 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Y. Idutsu, S. Tanaka, J.Liang, D.G.Kim, and N.Shigekawa
2. 発表標題 Effects of Layered Cadmium-Based Nanoparticles on Si Solar Cells
3. 学会等名 46th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 駿、榎崎 友城、梁 剣波、金 大貴、重川 直輝
2. 発表標題 Si太陽電池特性に対する半導体ナノ粒子の堆積効果(2)-層数依存性
3. 学会等名 2018年第79回応用物理学会秋季学術講演会 21a-133-5
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yong-Shin Lee, Taichi Taniguchi, and DaeGwi Kim
2. 発表標題 Temperature dependence of photoluminescence properties of water-soluble ZnSe quantum dots
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hisaaki Nishimura, Yuxin Lin, Yuki Kunimasa, and DaeGwi Kim
2. 発表標題 Preparation of ZnSe-ZnS alloy quantum dots by a hydrothermal method and their optical properties
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 TaeGi Lee, Kaito Noguchi, Hisaaki Nishimura, and DaeGwi Kim
2. 発表標題 Absorption and of photoluminescence properties of CdSe quantum dots prepared by a hydrothermal method
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunio Shimura, TaeGi Lee, and DaeGwi Kim
2. 発表標題 Temperature dependence of photoluminescence properties of water-soluble CdS quantum dots
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yota Uehigashi, Taisuke Nakatani, Kazutaka Iida, Hideki Ichida, and DaeGwi Kim
2. 発表標題 Preparation and optical properties of ZnS-CuInS <sub>2</sub> quantum dots
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 悠陽、前川 貴哉、高木 知己、祖父江 進、川井 正一、奥野英一、金大貴
2. 発表標題 コア/シェル構造を利用したMnドープZnSeナノ粒子の作製と光学特性
3. 学会等名 2019年 日本物理学会第74回年次大会 14aK208-3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 太起、志村 邦夫、金 大貴
2. 発表標題 CdSナノ粒子の表面改質効果と光学特性
3. 学会等名 2019年 日本物理学会第74回年次大会 15pS-PS-47
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金 大貴
2. 発表標題 コロイダル量子ドットの光物性と今後の展開
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会 10p-M111-7 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 悠陽、李 太起、野口 雅斗、金 大貴
2. 発表標題 水熱合成法によって作製したCdSeナノ粒子の光学特性
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会 10p-PA1-12
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 檜崎 友城、金 大貴
2. 発表標題 局在表面プラズモンによる半導体ナノ粒子の発光増強効果
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会 10p-PA4-2
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 太起、志村 邦夫、金 大貴
2. 発表標題 水溶性CdSナノ粒子の表面改質効果と光学特性
3. 学会等名 2019年 第66回応用物理学会春季学術講演会 11p-W833-9
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 ヨン信、志村 邦夫、金 大貴
2. 発表標題 CdSナノ粒子間のエネルギー移動ダイナミクスの温度依存性
3. 学会等名 2018年 第29回光物性研究会 IA-10
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 駿、浅川 良介、小川 智輝、榑崎 友城、梁 剣波、金 大貴、重川 直輝
2. 発表標題 Si太陽電池特性に対する半導体ナノ粒子の堆積効果
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 李太起、中野薫、金大貴
2. 発表標題 Layer-by-layer 法によるZnSe ナノ粒子超格子構造の作製と光学特性
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 李ヨンスン、中野薫、夫恒範、金大貴
2. 発表標題 水熱合成法を用いた高い発光効率を有するZnSeナノ粒子の作製
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺太一、金大貴
2. 発表標題 CdTeナノ粒子超格子構造の作製とその光物性
3. 学会等名 第28回光物性研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 李太起、大城一馬、金大貴
2. 発表標題 Layer-by-layer法によるCdTeナノ粒子超格子構造の作製と光学特性
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村悠陽、林玉新、國政祐基、金大貴
2. 発表標題 水熱合成法によるZnSeS 混晶半導体ナノ粒子の作製
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李ヨンスン、渡辺太一、金大貴
2. 発表標題 静電相互作用を利用したCdTeナノ粒子周期配列構造の作製と光学特性II
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y.Idutsu, J.Liang, H.Nishimura, D.G.Kim, and N.Shigekawa
2. 発表標題 Modulation of Characteristics of Si Solar Cells by Luminescence- Downshifting Zn-Based Nanoparticles with Mn doped
3. 学会等名 2020 IEEE 47th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井筒 由紀、梁 剣波、西村 悠陽、金 大貴、重川 直輝
2. 発表標題 Si太陽電池に対するZnSe/ZnS:Mn/ZnS core/shellナノ粒子の堆積効果
3. 学会等名 2020年 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 井筒 由紀、田中 駿、梁 剣波、榎崎 友城、西村 悠陽、金 大貴、重川 直輝
2. 発表標題 Si太陽電池に対するMnドーブ半導体ナノ粒子の堆積効果
3. 学会等名 2019年第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 西村 悠陽、金 大貴
2. 発表標題 MnイオンをドーピングしたCdSeナノ粒子の作製と光学特性
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 悠陽、前川 貴哉、金 大貴
2. 発表標題 水熱合成法によるZnSe/ZnS:Mn/ZnSナノ粒子の作製と光学特性
3. 学会等名 2019年 第30回光物性研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 悠陽、金 大貴
2. 発表標題 発光中心としてMnイオンをドーピングした半導体ナノ粒子の作製とその光学特性
3. 学会等名 2019年 第18回低温工学・超伝導若手合同講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 悠陽、前川 貴哉、高木 知己、祖父江 進、川井 正一、長谷川 順、金 大貴
2. 発表標題 波長変換ナノ粒子 ZnSe/ZnS:Mn/ZnS の付加による太陽電池特性の向上
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術講演会
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	金 大貴  (Kim DaeGwi)  (00295685)	大阪市立大学・大学院工学研究科・教授   (24402)	
研究 協力者	梁 剣波  (Liang Jianbo)	大阪市立大学・大学院工学研究科・准教授   (24402)	