

令和元年6月24日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04217

研究課題名(和文) プラズモニックアレイの科学の深化

研究課題名(英文) Exploring Science on Plasmonic Array

研究代表者

村井 俊介 (Murai, Shunsuke)

京都大学・工学研究科・助教

研究者番号：20378805

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：金属ナノ粒子の周期アレイ構造(プラズモニックアレイ)に励起される協同プラズモニックモードの理解を深め、発光増強の機構を詳細に調べた。Alナノシリンダーアレイの構造と光学特性が発光増強に与える影響について研究し、様々な発光中心からの発光を制御することに成功した。並行して、AuやAgのこれまで使われてきた材料に加え、TiNやZrNなどの窒化物やITOなどの酸化物導電体、さらにSiやTiO₂などの非プラズモニック材料のアレイ作製技術を開発した。新規光学特性として、アレイを用いた光熱変換技術を研究した。これらの研究を通じプラズモニックアレイの光物質相互作用の場としての可能性を引き出すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的には、金属ナノ粒子の周期アレイ構造(プラズモニックアレイ)に励起される協同プラズモニックモードの理解を深め、発光増強の機構を理解することで、プラズモニックアレイの光物質相互作用の場としての可能性を引き出すことができた。金、銀、Alなどの典型的な金属、導電性窒化物や酸化物、さらには絶縁体や半導体など、アレイの材質による光学特性の違いも包括的に理解を深めることができ、それぞれに適した応用についても整理を進めることができた。

社会的には、次世代のハイパワー指向性光源の開発につながる重要な成果を挙げた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we explored the science on collective plasmonic modes excited in periodic array structure (plasmonic array) of metal nanoparticles, to investigate the mechanism of photoluminescence(PL) enhancement in detail, and to find out new optical phenomena and applications. We studied the influence of the structure and optical properties of the Al nanocylinder array on PL enhancement and succeeded in controlling the PL from various emission centers. In parallel, we developed nano-fabrication processes of arrays for nitride (TiN and ZrN) and oxide (ITO) conductors, and non-plasmonic materials (Si and TiO₂). We studied light-heat conversion technology using an array as a new application. Through these studies, we explored the possibility of the plasmonic array as a platform of light-material interaction.

研究分野：プラズモニクス

キーワード：光源技術 光マネジメント プラズモニクス 蛍光体 セラミックス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

金属ナノ粒子など、表面プラズモンが励起可能な構造と発光中心の組み合わせによる発光制御は、これまでに数多くの報告があり(代表例として Kinkhabwala et al., *Nat. Photon.* 3, 654 (2009))、照明など、高輝度を必要とする応用には2つの大きな問題があることがわかってきた。まず第1に、量子収率が1に近い発光中心では増強効果がほとんど得られない。2点目に、効果が金属ナノ粒子のごく近傍に限定される。申請者は2013年、金属ナノ粒子アレイと発光材料を組み合わせることで、よく光る(量子収率 ~ 1)の蛍光体層からの発光強度の大幅な上昇(60倍以上)および発光方向の制御に成功した。この成功の鍵は、光の波長程度の周期でナノ粒子を並べたアレイ構造(プラズモニックアレイ)を作製し可視光に対するグレーティングとし、面内への回折光により個々のナノ粒子に励起される局在表面プラズモンを同期させる、協同プラズモニックモードと呼ばれる新しいモードを利用したことである。このモードは、これまで表面プラズモンの局所的な電場集中効果に研究の焦点が集まる中、あまり着目されてこなかった。代表者らは周期の調整と高い試料作製技術により、アレイ面内に光を閉じ込め、大幅な増強効果を得るとともに、本来は粒子の周り、数十ナノメートル程度の範囲にしか効果のない電場増強効果を金属の光損失の影響の少ないアレイ面内へと拡張することを可能とした。

2. 研究の目的

本研究では、金属ナノ粒子の周期アレイ構造(プラズモニックアレイ)に励起される協同プラズモニックモードの理解を深め、発光増強の機構を詳細に調べるとともに、新規光学特性を開拓することを目的とする。この研究を通じプラズモニックアレイの光物質相互作用の場としての可能性を引き出し、多くの光科学現象の研究に利用できるプラットフォームを構築できれば、周辺関連分野の発展にも寄与できると考えた。

3. 研究の方法

協同プラズモニックモードの光特性の理解と革新的機能の創出のため、以下のサブテーマを設定した。

- A. [発光増強] ナノインプリントリソグラフィーで金属ナノ粒子アレイを作製し、強発光体と組み合わせ、蛍光寿命測定により発光増強の起源を明らかにする。共用施設である、京都大学および物質・材料研究機構(NIMS)の微細加工プラットフォームを利用し、ガラスおよびサファイア基板にナノインプリントリソグラフィーによりナノ粒子アレイを作製する。真空蒸着によりアレイの上に強発光性希土類錯体薄膜を成膜する。自作の回転ステージと分光器を組み合わせた光学系により、発光の放出角度依存性を調べるとともに、蛍光寿命を明らかにする。蛍光寿命に変化は、蛍光体から表面プラズモンへのエネルギー移動が発光増強に関わっていることを示唆する。増強機構の解明には、これまで困難であった、励起波長と発光波長における効果のはっきりとした切り分けが必要である。そのため、発光中心として、研究分担者である中西貴之講師が設計・合成を行う強発光性希土類錯体を用いる。この錯体は光吸収を有機配位子が担い、中心の希土類イオンへエネルギー移動することにより発光するため、高い吸収係数(希土類イオン単独の1,000倍)と大きなストークスシフトが得られる、アレイの効果の切り分けに最適な発光媒質である。強発光性希土類錯体とプラズモニックアレイの組み合わせを研究対象とするのは本研究が初めてであり、発光に関する新たな知見が期待される。
- B. [センシング] 一軸配向性メソポーラスシリカ薄膜を金属ナノ粒子アレイ上に堆積し、メソ孔に種々の分子を導入した際の光透過率を測定し、協同プラズモニックモードのピークシフトからセンシング能力を明らかにする。ナノ粒子アレイ上にラビング処理を施し、一軸配向したメソポーラスシリカ薄膜を堆積する。代表者はさきがけ研究において、メソポーラスシリカを用いた光学材料の作製に取り組んでおり、さきがけで得た大面積で高度に一軸配向した膜を作製する技術を本申請に適用する。一方メソポーラスシリカを金属ナノ粒子アレイと組み合わせる光機能性を引き出す部分が本申請のさきがけ研究と異なる点である。光源と分光器を組み合わせた光学系にフローセルを組み込み、雰囲気制御下における透過率のその場観察を行う。まずベンチマークとしてイソプロパノール蒸気雰囲気下での測定を行い、協同プラズモニックモードの水蒸気濃度によるシフトを調べることで、屈折率のセンシング能力を調べる。その後種々の有機分子での測定に進む。メソポーラスシリカ以外の機能性センシング材料として、層状複水酸化物(LDH)を検討する。LDHは強力な吸着剤であり、生体適合性、触媒活性など、様々な特性を有する機能性材料である。正に帯電した結晶表面は、様々なアニオンや分子を吸着し、さらには生体分子(タンパク質や酵素)を変性させることなく固定化することができる。この性質を利用し、ターゲット分子の局所的な濃度を高めセンシング特性を向上させる。またFTIRにより分子の配向を調べる。メソ孔の

異方性を反映した配向した吸着が実現すれば、配向に起因する特異な化学反応等、新たな界面科学の芽となりうる重要な知見となる。研究分担者である徳留靖明准教授はLDH ナノ粒子を作製する技術を開発しており、現在 LDH をナノ粒子アレイに塗布する検討を開始している。

- C. [熱制御] プラズモン励起に伴う熱発生は発光増強に並行して起こるプロセスであり、プラズモニクアレイの特性理解にとって熱発生の理解は重要である。本サブテーマでは温度応答性錯体の発光測定および Raman 散乱測定によってこの問題に取り組む。温度応答性錯体は温度によって発光スペクトルが変化する発光体で、中西講師が合成を担当する。アレイと組み合わせることで、プラズモン発生時のアレイの加熱を見積もる。また、Raman 散乱は温度により散乱波長がシフトすることが知られており、プラズモニクアレイの Raman 散乱測定からプラズモン発生時のアレイの加熱を見積もる。

4. 研究成果

3年間の研究で以下の成果を得た。

- A. [発光増強] 申請時に成果報告をしていたAlナノシリンドラーアレイによる発光増強のメカニズムを詳細に調べるとともに、新規プラズモニク材料としてTiN、さらにプラズモニクアレイの特徴をより明確に示すために、絶縁体や半導体のアレイを作製し、プラズモニクアレイとの差を検証し、非プラズモニクアレイが適する応用分野、プラズモニクアレイが適する応用分野を整理した。具体的な成果は：1. Alナノシリンドラーアレイの高さを変えることで発光増強度を制御することに成功し、シミュレーションにより機構を解明した(論文13)また色素や蛍光体など多様な発光体とAlナノシリンドラーアレイを組み合わせ、協同プラズモニクモードが様々な発光中心からの発光をユニバーサルに制御できることを示した(論文4,5)。2. Alナノシリンドラーアレイがアレイ周期の制御により紫外光から可視光まで幅広い範囲で共鳴波長を制御可能であることを明らかにした(論文9)。3. TiNおよびZrNからナノシリンドラーアレイを作製し、発光材料として強発光性希土類錯体薄膜およびレーザー色素含有ポリマーを用い、自然放射発光および誘導放射発光の大幅な増強を達成した。この成果はコンパクトなナノ光源の開発に重要である(論文8,12,15,19)。4. Siからなるアレイを作製し、Alアレイと発光制御性を比較したところ、Siアレイはより指向性が強い発光増強を示し、Alアレイは全方向への発光増強を示した。(論文5)5. ガラスへのアレイ構造の作製と発光制御(論文11)
- B. [センシング] 1. ナノ粒子アレイ上にラビング処理を施し、一軸配向したメソポーラスシリカ薄膜を堆積した。メソポーラスシリカ薄膜のメソ孔内の状態によって協同プラズモニクモードの共鳴波長を制御した。シリンドラーアレイ上に一軸配向したメソポーラスシリカ薄膜を堆積し、メソポーラスシリカの屈折率変化がプラズモン共鳴に及ぼす影響を調べた。シリンドラーアレイと組み合わせることで、薄膜の光学応答が何倍も増強されることが分かった。この成果は高感度環境光センサーの開発に重要である(論文18)。2. (赤外振動センシング)ITOアレイの協同プラズモニクモードにより分子振動を増強することに成功した。高感度な分子検出に向けて重要な成果である(論文10)。3. プラズモニクアレイを複水酸化物と掛け合わせ、複水酸化物の吸着能を活かした光学センシング能を検証した。色素の吸着による発光増強を確認した。成果をまとめ原著論文投稿予定である。4. メソポーラスシリカ薄膜に金を斜め蒸着することで金メソグレーティング構造を作製した。構造の表面増強Raman散乱特性を明らかにした(論文17)
- C. [熱制御] 1. (温度センシング)協同プラズモニクモード励起に伴う金属ナノシリンドラーアレイの温度上昇を調べた。励起光とともに協同プラズモニクモード励起用の第2のレーザーを入射し、第2のレーザーの入射角度・強度による発光色の変化から温度変化を調べた。この成果は、プラズモン共鳴の励起に伴う光熱変換の理解の基礎データとして重要である(論文3)。2. (アレイの光熱変換)TiNアレイへのRaman散乱測定により、表面プラズモン励起によるアレイの温度変化を調べた。局所温度の変化には基板の熱伝導率が大きく作用することを明らかにした(論文7)。3. (アレイのコーティング技術の開発と特性解析)ALDを用いアレイに誘電体コーティングを施す技術を開発する。これによる耐熱性や耐化学薬品性の上昇の検証し、より実用化に近づけた。TiNアレイに誘電体コーティングを施すことで、空気中加熱での酸化温度を400 から最大で800 にまで高めることに成功した。(応用物理学学会にて報告した)

5. 主な発表論文等

S. Murai, M. Saito, Y. Kawachiya, S. Ishii, and K. Tanaka, Comparison of Directionally Outcoupled Photoluminescences from Luminous Layers on Si and Al nanocylinder arrays J. Appl. Phys., 125, (2019) 133101

R. Kamakura, S. Murai, Y. Yokobayashi, K. Takashima, M. Kuramoto, K. Fujita, K. Tanaka, Enhanced photoluminescence and directional white-light generation by plasmonic array, J. Appl.

Phys. **124**, (2018) 213105-(1-9)(Featured Article に選ばれました) (新聞報道されました)

R. Kamakura, S. Murai, S. Ishii, T. Nagao, K. Fujita, and K. Tanaka, Plasmonic–photonic hybrid modes excited on titanium nitride nanoparticle array in the visible region, ACS Photonics **4**, (2017) 815-822

S. Murai, M. Saito, H. Sakamoto, M. Yamamoto, R. Kamakura, T. Nakanishi, K. Fujita, M. A. Verschuuren, Y. Hasegawa, and K. Tanaka, Directional Outcoupling of Photoluminescence from Eu(III)-complex Thin Films by Plasmonic Array, APL Photonics, **2**, 026104 (2017)

〔雑誌論文〕(計 21 件)

1. S. Murai, M. Saito, Y. Kawachiya, S. Ishii, and K. Tanaka, Comparison of Directionally Outcoupled Photoluminescences from Luminous Layers on Si and Al nanocylinder arrays J. Appl. Phys. ,**125**, (2019) 133101
2. Y. Kawachiya, S. Murai, M. Saito, K. Fujita, and K. Tanaka, Photoluminescence decay rate of an emitter layer on an Al nanocylinder array: effect of layer thickness, J. Opt. Soc. Am. B **36**(7), (2019) E1-E8
3. S. Murai, M. Saito, Y. Kawachiya, S. Ishii, T. Nakanishi, and K. Tanaka, Temperature sensing of a plasmonic nanocylinder array by a polymer film containing chameleon complex, J. Opt. Soc. Am. B **36**(7), (2019) E15-E20
4. S. Murai, S. Oka, S. I. Azzam, A. V. Kildishev, S. Ishii, K. Tanaka, Enhanced absorption and photoluminescence from dye-containing thin polymer film on plasmonic array, Optics Express **27** (4), (2018) 5083-5096
5. R. Kamakura, S. Murai, Y. Yokobayashi, K. Takashima, M. Kuramoto, K. Fujita, K. Tanaka, Enhanced photoluminescence and directional white-light generation by plasmonic array, J. Appl. Phys. **124**, (2018) 213105-(1-9)
6. Y. Gao, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Visible and near-infrared Photoluminescence enhanced by Ag nanoparticles in Sm³⁺-doped aluminoborate glass, Optical Materials, **86**, (2018) 611-616
7. S. Ishii, R. Kamakura, H. Sakamoto, T. D. Dao, S. L. Shinde, T. Nagao, K. Fujita, K. Namura, M. Suzuki, S. Murai, K. Tanaka, Demonstration of Temperature-Plateau Superheated Liquid by Photothermal Conversion of Plasmonic Titanium Nitride Nanostructures, Nanoscale, **10**, (2018) 18451-18456
8. R. Kamakura, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Enhanced photoluminescence from organic dyes coupled to periodic array of zirconium nitride nanoparticles, ACS Photonics, **5**(8), (2018) 3057-3063
9. Y. Kawachiya, S. Murai, H. Sakamoto, K. Fujita, K. Tanaka, Collective plasmonic modes excited in Al nanocylinder arrays in the UV spectral region Opt. Express, **26**(5), (2018) 5970-5782
10. R. Kamakura, T. Takeishi, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Surface-Enhanced Infrared Absorption for the Periodic Array of Indium Tin Oxide and Gold Microdisks: Effect of in-Plane Light Diffraction, ACS. Photonics, **5**(7), (2018) 2602-2608
11. K. Shinozaki, R. Kamakura, S. Murai, T. Mihara, N. Kitamura, Y. Kawachiya, K. Tanaka, T. Akai, Enhancement of photoluminescence of glass phosphor by nanoimprint of moth-eye structure, J. Ceram. Soc. Jpn, **125**, (2017) 766-769
12. R. Kamakura, S. Murai, S. Ishii, T. Nagao, K. Fujita, and K. Tanaka, Plasmonic–photonic hybrid modes excited on titanium nitride nanoparticle array in the visible region, ACS Photonics **4**, (2017) 815-822
13. M. Saito, S. Murai, H. Sakamoto, M. Yamamoto, R. Kamakura, T. Nakanishi, K. Fujita, Y. Hasegawa and K. Tanaka, Effect of Cylinder Height on Directional Photoluminescence from Highly Luminous Thin Films on Periodic Plasmonic Arrays, MRS Advances, **2**, (2017) 173-178
14. S. Murai, R. Kamakura, K. Fujita, Y. Daido and K. Tanaka, Preparation of Nb-doped Anatase Type TiO₂ Epitaxial Thin Films and Excitation of Surface Plasmon Polaritons, J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy **64**, (2017) 23-27
15. S. Murai, Y. Daido, R. Kamakura, K. Fujita, and K. Tanaka, Excitation of Surface Plasmon Polaritons on Titanium Nitride Thin Films through Energy Transfer from Dye Molecules, Proceedings of the 16th International Conference on Nanotechnology Sendai, Japan, August 22-25, 2016 pp. 59-62
16. S. Murai, M. Saito, H. Sakamoto, M. Yamamoto, R. Kamakura, T. Nakanishi, K. Fujita, M. A. Verschuuren, Y. Hasegawa, and K. Tanaka, Directional Outcoupling of Photoluminescence from Eu(III)-complex Thin Films by Plasmonic Array, APL Photonics, **2**, 026104 (2017)
17. S. Murai, S. Uno, R. Kamakura, S. Ishii, T. Nagao, K. Fujita, and K. Tanaka, Plasmonic Mesoporous Silica Films with Aligned Hotspots on Highly Oriented Mesoporous Silica Films, Opt. Mater. Express **6** (2016) 2824-2833.
18. S. Murai, H. Sakamoto, K. Fujita, and K. Tanaka, Mesoporous Silica Layer on Plasmonic Array: Light Trapping in a Layer with a Variable Index of Refraction, Opt. Mater. Express **6** (2016) 2736-2744
19. S. Murai, K. Fujita, Y. Daido, R. Yasuhara, R. Kamakura, and K. Tanaka, Plasmonic Arrays of Titanium Nitride Nanoparticles Fabricated from Epitaxial Thin Films, Opt. Express **24**(2016)1143-1153.
20. S. Murai, T. Sato, S. Yao, R. Kamakura, K. Fujita, and K. Tanaka, Fabrication of Cerium-Doped Yttrium Aluminum Garnet Thin Films by a Mist CVD Method J. Lumin. **170**(2016)808-811.
21. 村井俊介, プラズモニクナノアンテナによる次世代光源創成の試み 化学工業 (70) 117-121(2019年)

〔学会発表〕(計 39 件)

1. Y. Gao, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Photoluminescence Enhancement by Plasmonic Nanoparticles and Arrays, 3rd Global Congress and Expo on Materials Science & Engineering (招待講演) (国際学会) (2018年)
2. S. Murai, K. Tanaka, Shaimaa I. Azzam, S. Ishii, Alexander V. Kildishev, and M. Saito, Enhancement of Spontaneous Emission of Quantum Emitters near Metallic Thin films, Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS) 2018 (招待講演) (国際学会) (2018年)
3. S. MURAI, Y. Kawachiya, K. FUJITA, K. TANAKA, Surface lattice resonance excited in Al nanocylinder array in the UV spectral region, Strong Coupling with Organic Molecules (SCOM) (2018年) (国際学会)
4. 厚味 泰輔, 村井 俊介, 藤田 晃司, 田中 勝久, Al ナノシリンドラーアレイによる Fe 薄膜の磁気光学効果の増強, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会(2018年)
5. 厚味 泰輔, 村井 俊介, 藤田 晃司, 田中 勝久, メソポーラスシリカ薄膜で被覆した Al ナノシリンドラーアレイにおける光学応答のアルコール分圧依存性, 日本ゾル-ゲル学会 第 16 回討論会(2018年)
6. 呉屋 伸哉・村井 俊介・藤田 晃司・田中 勝久, 原子層堆積法による窒化チタンナノシリンドラーアレイの耐熱性誘電体被覆と熱酸化抑制, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会(2018年)
7. 呉屋 伸哉, 村井 俊介, 藤田 晃司, 田中 勝久, 誘電体被覆による窒化チタンナノシリンドラーアレイの熱耐久性の向上, 日本セラミックス協会第 13 回関西支部学術講演会(2018年)
8. S. Murai, Y. Kawachiya, M. Saito, K. Fujita and K. Tanaka, Surface lattice resonances excited in Al nanocylinder arrays in the UV, visible and near-infrared spectral regions. The 8th International Conference on Near Field Optics, Nanophotonics, & related techniques (NFO15) (国際学会) (2018年)
9. Y. Gao, S. Murai, Kenji, Shinozaki (AIST), K. Fujita, K. Tanaka, Warm white light generation using oxyfluoride glass ceramics with near UV source, 日本セラミックス協会第 50 回ガラス部会夏季若手セミナー(2018年)
10. Y. Gao, S. Murai, Kenji, K. Fujita, K. Tanaka, Luminescence color tuning via phase selective distributions of Eu²⁺ and Eu³⁺ in glass ceramics, 日本セラミックス協会第 13 回関西支部学術講演会 (2018年)
11. Y. Gao, S. Murai, K. Shinozaki (AIST), K. Fujita, K. Tanaka, Two-phase crystallization and dopant distribution in glass ceramics to control luminescence color. International Congress on Glasses (ICG) Annual Meeting (2018年) (国際学会)
12. 鎌倉 涼介, 村井 俊介, 藤田 晃司, 田中 勝久, プラズモニクアレイによる蛍光増強と指向性白色生成, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会(2019年)

13. 石井 智、村井 俊介、鎌倉 涼介、阪本 浩之、呉屋 伸哉、ダオ タン、シンデ サティシユ、名村 今日子、鈴木 基文、長尾 忠昭、田中勝久、窒化チタンナノ構造の光熱変換による水の温度一定過熱、第 66 回応用物理学会春季学術講演会 (2019 年)
14. Y. Gao, S. Murai, K. Shinozaki, K. Tanaka, Two-phase Crystallization and Dopant Distribution in Glass-ceramics for White Light Emitting Diodes, The 10th Symposium on China Functional Glasses and International Forum on the New Photoelectronic Materials (国際学会) (2018 年)
15. Y. Gao, S. Murai, K. Shinozaki, K. Tanaka, Achieving Spatially-selective Dopant Distribution in Glass Ceramics for Warm Light Emitting Diodes, The 35th International Korea-Japan Seminar on Ceramics (国際学会) (2018 年)
16. 野口 和希、村井 俊介、田中 勝久、プラズモニックおよび非プラズモニックナノシリンドアレイの発光増強効果の比較、第 66 回応用物理学会春季学術講演会(2019 年)
17. 村井 俊介、プラズモニックアレイによる方向制御された蛍光取出し、照明学会固体光源分科会公開討論会「新方式光源・発光材料」(招待講演) 2018 年
18. 村井 俊介、ナノインプリントによる金属ナノシリンドアレイの作製と光学特性、第 4 回電子デバイスフォーラム京都(招待講演) (2017 年)
19. S. Murai, Fabrication of Plasmonic Array of Metallic Nanocylinders and Its Optical Properties, International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) 2018 (招待講演) (国際学会)
20. S. Murai, H. Sakamoto, K. Fujita, K. Tanaka, Optical properties of mesoporous silica layer on periodic array of plasmonic nanocylinders, 42nd International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites(招待講演)(国際学会) (2018 年)
21. R. Kamakura, S. Murai, T. Takeishi, K. Fujita, K. Tanaka, Surface enhanced infrared absorption by the collective plasmonic mode of indium tin oxide particle array, The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics(国際学会) (2017 年)
22. Y. Kawachiya, H. Sakamoto, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Collective plasmonic modes excited on Al nanoparticle array in the UV region, The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics (国際学会) (2017 年)
23. M. Saito, S. Murai, H. Sakamoto, R. Kamakura, K. Fujita, and K. Tanaka, Effect of Cylinder Height in Directional Emission from Luminous Thin Films on Periodic Plasmonic Arrays, The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics (国際学会) (2017 年)
24. H. Sakamoto, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Mesoporous silica film on plasmonic array: trapping light in a film with a variable index of refraction, The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics (国際学会) (2017 年)
25. 齋藤 元晴、村井俊介、藤田晃司、田中勝久、Al ナノ粒子アレイによる Eu 錯体層からの可視発光制御、日本セラミックス協会 第 30 回秋季シンポジウム (2017 年)
26. 河内谷佑季、村井俊介、藤田晃司、田中勝久、Al ナノシリンドアレイを用いた紫外領域での協同プラズモニックモードの励起と Eu(III) 錯体の発光増強効果、日本セラミックス協会 第 30 回秋季シンポジウム (2017 年)
27. 阪本浩之、村井俊介、藤田晃司、田中勝久、メソポーラスシリカを積層したプラズモニックナノ粒子アレイの光学特性、日本材料学会材料シンポジウムワークショップ (2017 年)
28. R. KAMAKURA, S. MURAI, K. FUJITA, K. TANAKA, Plasmonic-photonic hybrid modes excited on the periodic arrays of nitride nanoparticles in the visible region, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy(国際学会) (2017 年)
29. S. MURAI, R. KAMAKURA, K. FUJITA, K. TANAKA, Making directional light sources by using plasmonic arrays, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy (国際学会) (2017 年)
30. Y. Gao, S. Murai, K. Fujita, and K. Tanaka, Enhanced Photoluminescence from Tb³⁺ in Silicate Glass by Silver Nanoclusters and Nanoparticles, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy (国際学会) (2017 年)
31. M. Saito, S. Murai, H. Sakamoto, R. Kamakura, K. Fujita, and K. Tanaka, Directional outcoupling of photoluminescence via excitation of collective plasmonic modes on periodic plasmonic arrays, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy (国際学会) (2017 年)
32. Y. SAKAMOTO, S. MURAI, H. SAITO, T. SANNOMIYA, S. ISHII, T. NAGAO, K. FUJITA, K. TANAKA, Direct observation of plasmonic hotspots on gold mesogratings by using cathodoluminescence, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy (国際学会) (2017 年)
33. Y. Kawachiya, Y. Sakamoto, S. Murai, K. Fujita, K. Tanaka, Collective plasmonic modes excited on Al nanocylinder array in the UV region and photoluminescence enhancement from Eu(III)-complex thin film, JSPM International Conference on Powder and Powder Metallurgy (国際学会) (2017 年)
34. 阪本浩之、村井俊介、藤田晃司、田中勝久、メソポーラスシリカ薄膜で被覆したプラズモニックナノシリンドアレイの環境応答性、日本セラミックス協会 2018 年年会 (2018 年)
35. S. Murai, R. Kamakura, K. Fujita, and K. Tanaka, Making a prototype of quasi white light source with a directional output by plasmonic array, The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics (国際学会) (2017 年)
36. 齋藤 元晴、村井 俊介、藤田 晃司、田中 勝久、Al ナノシリンドアレイによる希土類錯体の発光増強とシリンドアレイ高さ依存性平成 29 年度 第 1 回ナノ材料部門委員会 第 1 回研究会 平成 29 年度 第 3 回半導体エレクトロニクス部門委員会 第 2 回研究会 (2017 年)
37. S. Azzam, Z. Wang, S. Murai, S. Ishii, A. Boltasseva, A. V Kildishev, Time domain modeling of lasing dynamics in hyperbolic metamaterials, CLEO: QELS Fundamental Science (国際学会) (2017 年)
38. 村井 俊介、プラズモニックアレイとゾル-ゲル法由来の薄膜による光機能の創出、日本ゾル-ゲル学会 (招待講演) (2016 年)
39. S. Murai, Y. Daido, R. Kamakura, K. Fujita, K. Tanaka, Excitation of Surface Plasmon Polaritons on Titanium Nitride Thin Films through Energy Transfer from Dye Molecules, IEEE Nano 2016 (招待講演) (2016 年)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 2 件)

名称: Wavelength conversion apparatus and light source apparatus

発明者: S Murai, Y Yokobayashi

権利者: S Murai, Y Yokobayashi

種類: 特許

番号: 15656577

取得年: 2018

国内外の別: 国外

名称: Illumination device2016

発明者: S Rahimzadeh, S. Muraiら(計 6 名)

権利者: S Rahimzadeh, S. Muraiら(計 6 名)

種類: 特許

番号: 9416927

取得年: 2016

国内外の別： 国外

〔その他〕

ホームページ等:京都大学田中勝久研究室 <http://dipole7.kuic.kyoto-u.ac.jp/contents/publication.html>

(研究室主宰研究者(田中勝久)の研究室 HP)

文部科学省「平成 30 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰」若手研究者賞を受賞しました。「プラズモニック構造による次世代光源の創成に関する研究」

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：中西 貴之

ローマ字氏名：Nakanishi Takayuki

所属研究機関名：東京理科大学

部局名：基礎工学部材料工学科

職名：講師

研究者番号(8桁): 30609855

研究分担者氏名：徳留 靖明

ローマ字氏名：Tokudome Yasuaki

所属研究機関名：大阪府立大学

部局名：工学(系)研究科(研究院)

職名：准教授

研究者番号(8桁): 50613296

研究分担者氏名：石井 智

ローマ字氏名：Ishii Satoshi

所属研究機関名：国立研究開発法人物質・材料研究機構

部局名：国際ナノアーキテクトニクス研究拠点

職名：主任研究員

研究者番号(8桁): 80704725

(2)研究協力者

研究協力者氏名：田中勝久

ローマ字氏名：Tanaka Katsuhisa

研究協力者氏名：藤田晃司

ローマ字氏名：Fujita Koji

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、研究者個人に帰属されます。