

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01050

研究課題名(和文)液体/ナノ構造薄膜界面での光熱変換による疑似特異点の生成と制御に関する研究

研究課題名(英文) Generation and control of singularities in viscous flow by photothermal conversion at liquid/nanostructured solid surfaces

研究代表者

鈴木 基史 (Suzuki, Motofumi)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：00346040

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,300,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、液体/ナノ構造薄膜界面での局所的な光熱変換によって粘性流体の疑似特異点を生成・制御する技術確立し、複数の特異点を流体内に配置して任意に流れを制御する技術確立するための指針を得ることを目的として研究計画を遂行した。水蒸気のマイクロバブルはMHzに近い振動数で振動しており、この振動とバブル内での温度勾配によるマランゴニ力によって、マイクロバブル周辺には高速の流れが形成される。加熱点を非対称にすることで、疑似特異点の方向を変えることが可能になり、一方向の流れを誘起することに成功した。本技術は、マイクロ流体の新しい駆動技術や、パワーデバイスの冷却技術への展開が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によってマイクロバブルの制御において、水に溶存している気体量の制御が重要であることが明らかになった。さらには、ある閾値よりも小さなバブルは高速で振動することを明らかにするとともに、流れの誘起に重要な役割を果たしていることがわかった。バブル表面での温度勾配と濃度勾配を制御して流れをコントロールできることも実証した。マイクロバブルの研究分野で世界の最先端に躍り出たと自負している。本研究の成果は、これらの基礎研究のみならず、マイクロ流体の新しい駆動技術や、パワーデバイスの冷却技術など社会実装も期待される。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this study are to generate and control pseudo-singular points of a viscous fluid by local photothermal conversion at the liquid/nanostructured thin film interface, and to arrange multiple singular points in the fluid to control flow. We found that a microbubble of water vapor oscillates at a frequency of MHz, and a high-speed flow is formed around the microbubble due both to this vibration and to the Marangoni force induced by the temperature gradient in the bubble. By making the heating point asymmetric, it became possible to change the direction of the pseudo singularity, and we succeeded in inducing unidirectional flow. This technology is expected to be applied to new microfluidic drive technology and power device cooling technology.

研究分野：薄膜・表面・界面物性

キーワード：流れの特異点 マランゴニ力 光熱変換 ナノ形態制御薄膜

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(粘性流体の力学における特異点) 水などの粘性流体中に配置された物体にはたらく力やその周りの流れの理論的解析では、物体の周辺に適当な特異点を、物体中には境界条件を満足するように仮想的な特異点を分布させてストークス方程式が解かれる。特異点には湧き出し、二重湧き出し、渦源(一点に存在する渦)、ストークス源(一点にはたらく力)などがあげられる[Blake and Chwang, "Fundamental singularities of viscous flow," J. Eng. Math. 8, 23 (1974)]。これらの特異点を実験的に実現してその特性を調べた報告例はほとんど存在しなかった。

(熱プラズモニクスと光流体工学の状況) 2007年頃から、金ナノ粒子に光を照射して熱源として利用する熱プラズモニクスと呼ばれる研究領域が拡大しつつあった。本研究グループは、動的斜め蒸着法という独自技術によって形態を制御した金ナノ粒子を用いることで、水中に再現性よく空気の気泡を生成することに成功していた。さらに気泡周辺に温度勾配を作り出すことに成功し、空気気泡周辺に制御よく激しい渦流を誘起することに世界で初めて成功していた。

(単一擬似特異点の抽出) 本研究を提案した時期に、本研究グループは水を脱気することで、再現性よく水蒸気の気泡を生成することに成功した。水蒸気-気泡は空気-気泡に比べて1/5以下の大きさである。また、水蒸気気泡周辺に誘起される流れは、空気気泡周辺に比べて10倍近く高速であることがわかった。流速分布は水蒸気気泡の位置に基板垂直方向に向いたストークス源を仮定するとよく記述できた。すなわち、従来の粘性流体の方程式中で仮想的に配置していた特異点を、擬似的に単一生成することに成功した。

### 2. 研究の目的

- ある特異点は理論上、別の特異点の合成で表現できることが知られている。例えば二つのストークス源の和で渦源が表現できる。  
→ 複数の擬似特異点を生成・制御すれば、渦源や二重湧き出しなど、他の擬似特異点を生成できるはず。
- 壁近傍の擬似特異点で誘起される流れは、理論的には壁での等方的な滑りなし条件を満たすように壁側に仮想的に配置された複数の仮想特異点との合成で表現される。  
→ 発熱部位のパターニングによる面内温度分布を発生させることで軸対象性を崩したり、表面ナノ形態や自己組織化単分子膜によって、壁での等方的な滑りなし条件を崩すことで、仮想的な擬似特異点の一部を顕在化することができる可能性がある。
- 当研究グループはナノ形態制御技術、自己組織化単分子膜作製技術などの独自技術において世の中をリードしている。

そこで、本研究の目的は、

- 液体/ナノ構造薄膜界面での光熱変換によって粘性流体の擬似特異点を生成・制御する技術を確立すること
  - 複数の特異点を流体内に配置して任意に流れを制御する技術を確立するための指針を得ること
- とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、平成29年度-令和元年度の3年間で、以下の課題に取り組んだ。

- 1) 擬似ストークス源のキャラクタリゼーション・モデリングと制御技術の確立：水中に浸漬した光熱変換薄膜にレーザー光を集光してマイクロバブルを形成し、バブルの挙動、バブル周辺の温度分布、バブル周辺に誘起される流れの様子を調査した。
  - オリジナルの顕微鏡システムと高速度カメラを導入しバブルの振る舞いを詳細に調べた。
  - 光熱変換薄膜に、サーモクロミック特性を示すWドーピングVO<sub>2</sub>薄膜を用いることで、バブル周辺の温度分布を可視化した。
  - 水に溶存する気体の量を制御することで、異なるサイズのバブルを形成し、バブルのサイズのその振る舞い、及び周辺に誘起される流れの様子を調べた。
  - 数値計算によってマイクロバブル周辺の流れのモデリングに取り組んだ。
- 2) 光熱変換部のパターニングによる面内温度分布の形成と流れへの影響調査：空間光変調器によって強度分布を持たせたレーザースポットによって、マイクロバブルの極近傍に温度分布を形成し、バブル周辺に誘起される流れの制御を試みた。
- 3) 複合擬似特異点の配置による流れの制御：空間光変調器によって複数のレーザースポットを照射してマイクロバブルを形成し、流れの合成を試みた。

- 4) ナノ形態・表面状態を制御した表面における流れの計測・評価：イオンビームエッチングやナノ球リソグラフィーによって光熱変換薄膜の形態を制御し、多数の複合疑似特異点形成の可能性を調査した。

#### 4. 研究成果

- 1) 擬似ストークス源のキャラクタリゼーション・モデリングと制御技術の確立

疑似ストークス源観察用の新しい顕微鏡システムと高速度カメラを導入し、微小水蒸気気泡が数 100 kHz の振動数で激しく振動しており、高速流れの発生に重要な役割を担っている可能性を見出した(図 1)。

光熱変換によって生成される疑似ストークス源となるマイクロバブルの振動と溶存気体量との関係を高速度カメラと散乱光強度を用いることで詳細に調査し、溶存気体の量、バブルサイズと振動数の関係を定量的に明らかにした。その結果、マイクロバブル周辺の高速度流れには、バブルの振動と表面張力によるマランゴニカの両方が寄与していることがわかった。

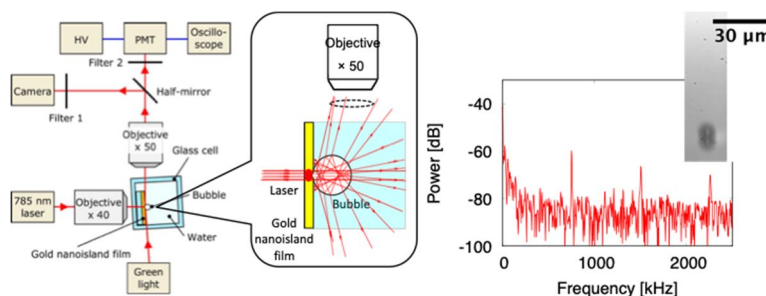


図 1. マイクロバブル観察用の顕微鏡及び振動計測系の構成(左)と水蒸気バブルによって散乱されたレーザー光のパワースペクトル(右). マイクロバブルが 750 kHz で振動していることがわかる。

サーモクロミズムを示す  $\text{VO}_2$  薄膜に W(タングステン)を添加して半導体-金属相転移の温度を室温-68 の間で制御し、これを光熱変換に用いることで、マイクロバブル周辺の温度分布と流れの関係を解明した(図 2) .特に、サイズが 10  $\mu\text{m}$  程度でかつ振動するバブルは、大きなバブルに比べ、バブル周辺の昇温が抑制されていることが分かった .熱伝導方程式から得られる解析解との比較の結果、与えられた 6.5 mW の熱量のうち、4 mW もの熱を水中に伝えていることが分かった .すなわち、小さな振動するバブルは特に、壁面からの効率的な熱伝達を実現しているため、小型の熱交換器への応用へ繋がる可能性がある。

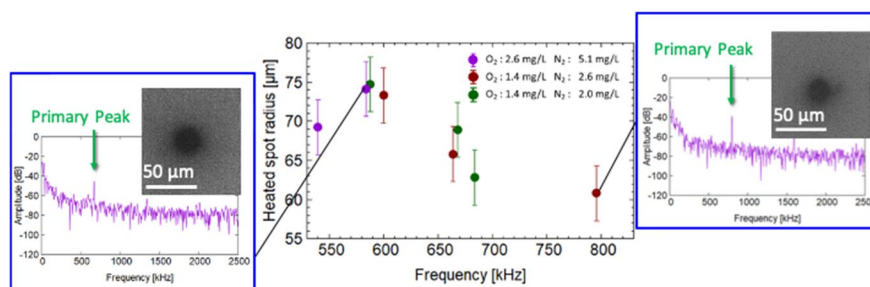


図 2. W ドープ  $\text{VO}_2$  薄膜を用いて見積もった、バブルの振動数と加熱領域半径の関係 . 振動数の増加に従って加熱領域半径が小さくなる、すなわち冷却能力が高いことがわかった。

伝熱と流体の数値計算によって、マイクロバブル周辺の流れを再現することに成功した(図 3) .気泡の近くに熱源を配置し、気泡の表面に温度勾配を生成することにより、マイクロバブルの周囲にマランゴニ対流が生成する .マイクロスケールではこの効果が大きく、チャンネル内に強い渦とストリーミングフローが形成される .加熱点が気泡の中心にある場合は循環流が発生し、加熱点が気泡の中心から離れている場合は一対の強い渦が発生する .

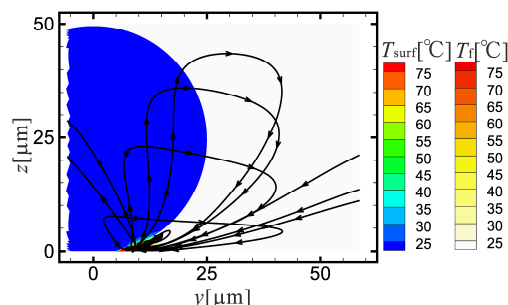


図 3. マイクロバブル周辺の流れと温度分布の計算結果 (K. Tatsumi et al., Heat Transfer Research, accepted.)

さらに、温度場および結果として生じるマランゴニ対流に対する流体粘度の熱伝導および温度依存性の影響を調べた結果、実験の結果よく再現した。

## 2) 光熱変換部のパターンニングによる面内温度分布の形成と流れへの影響調査

空間光変調器によって微小水蒸気バブルを生成・維持するためのレーザースポットの近傍に別のレーザースポットを照射することで非対称な温度分布を生成することに成功した(図4)。温度分布を非対称にすることで、微小水蒸気バブル周辺に誘起される流れも非対称になり、光熱変換だけを使って一方向の流れを生成することに成功した。誘起された流れは、微小水蒸気バブル上に傾いた疑似ストークス源によって誘起される流れでモデル化できた。すなわちレーザーの多点照射によって、その周辺に誘起される疑似特異点の対称性を制御できることを実証した。

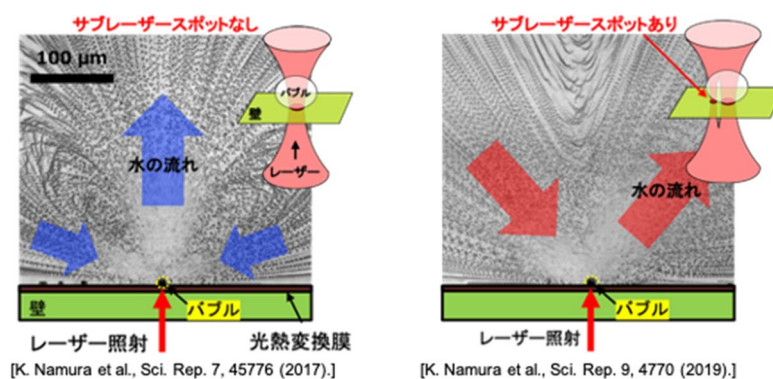


図4. サブレーザースポット照射による非対称流れの生成。

京都大学 プレスリリース ([http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2018/190318\\_1.html](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2018/190318_1.html))

## 3) 複合疑似特異点の配置による流れの制御

空間光変調器(SLM)を駆使して最大3個のマイクロバブルを生成し、それぞれのバブルに対して非対称な強度分布をもつレーザーを照射することで複数の疑似ストークス源を配置し、その力の作用する方向を制御することに成功した。その結果、疑似ストークス源の合成によるマクロな一方向流れを発生させることに道筋をつけることができた。疑似ストークス源アレイを作成することができれば、マイクロ流路駆動のためのポンプとして機能することが期待できる。

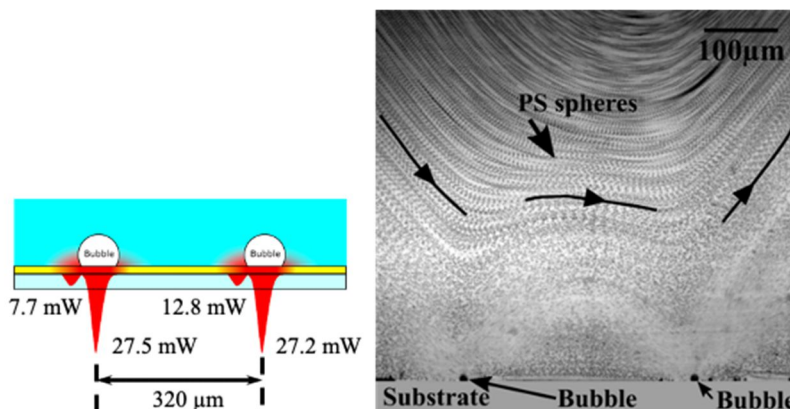


図5. 2個の水蒸気バブルによる液体のポンピング

## 4) ナノ形態・表面状態を制御した表面における流れの計測・評価

自己集積化単分子膜によって表面エネルギーを制御することで、微小気泡の形態とその周囲に誘起される流れの強さやパターンを明らかにした。

イオンビーム照射しながら動的斜め蒸着することに世界で初めて成功した。斜め蒸着単独では実現することができない大きな角度に傾斜した得意なナノコラム構造が成長するこ

とを見出した。従来にない表面形態をもつ表面の濡れ性を制御することで、新しい流れの発生・制御が期待される。

ナノ球リソグラフィーによって発熱源の形状を制御することで流れの方向が制御可能であることを実証した。この方法を用いれば、低コストで $\mu\text{m}$ サイズの発熱源を $\mu\text{m}$ 間隔で配置することが可能になり、流れの特異点を任意に配置した任意の流れ制御が可能になる。マイクロ流路の新しい動力源や電子デバイスの冷却効率の大幅な向上が期待できる。

以上の様に本研究計画は順調に実施され、液体/ナノ構造薄膜界面での光熱変換によって粘性流体の擬似特異点を生成・制御する技術を確立することができた。また、複数の特異点を流体内に配置して任意に流れを制御することに道筋をつけた。さらには、疑似特異点周辺の冷却効率が高いことを見出した。近い将来、マイクロ流体の新しいポンピング技術やパワーデバイスの冷却技術への展開が期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kyoko Namura, souki Imafuku, samir Kumar, Kaoru Nakajima, Masaaki sakakura, and Motofumi Suzuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Direction control of quasi-stokeslet induced by thermoplasmonic heating of a water vapor microbubble	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4770
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-019-41255-5	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 Ishii Satoshi, Kamakura Ryosuke, Sakamoto Hiroyuki, Dao Thang D., Shinde Satish L., Nagao Tadaaki, Fujita Koji, Namura Kyoko, Suzuki Motofumi, Murai Shunsuke, Tanaka Katsuhisa	4. 巻 10
2. 論文標題 Demonstration of temperature-plateau superheated liquid by photothermal conversion of plasmonic titanium nitride nanostructures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 18451 ~ 18456
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/c8nr05931d	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 Suzuki Motofumi, Kakuki Ryosuke, Namura Kyoko	4. 巻 10731
2. 論文標題 Applications of light-trapping sculptured thin films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 107310K
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2320872	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 Namura Kyoko, Nakajima Kaoru, Suzuki Motofumi	4. 巻 29
2. 論文標題 Investigation of transition from thermal- to solutal-Marangoni flow in dilute alcohol/water mixtures using nano-plasmonic heaters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 065201 ~ 065201
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6528/aaa260	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42件（うち招待講演 18件 / うち国際学会 21件）

1. 発表者名 高島直之, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 異なる相転移温度をもつサーモクロミック薄膜を用いた水蒸気バブル周辺の温度分布の可視化
3. 学会等名 第66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 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・サティシュ, 名村今日子, 鈴木基文, 長尾忠昭, 田中勝久
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第66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 岡井俊介, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 酸素濃度を制御した水中で局所加熱によって生成されたマイクロバブルの自励振動
3. 学会等名 第66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 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 光熱変換によって局所加熱された気液界面の力学
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河井進也, 名村今日子, 鈴木 基史
2. 発表標題 金ナノ粒子薄膜の光熱変換を用いた水・アルコール混合液中での気泡生成
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成瀬里樹, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 繰り返し斜め蒸着/イオンビームエッチングによって 形成されるナノ形態
3. 学会等名 第4回材料WEEK
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡井俊介, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 酸素濃度を制御した水中におけるマイクロバブルの振動に関する研究
3. 学会等名 2018 年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 名村今日子, 今福壮貴, 坂倉政明, 鈴木基史
2. 発表標題 局所非対称加熱を用いた水蒸気バブル周辺の大気制御
3. 学会等名 2018 年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 熱プラズモニック効果を用いた微小気泡の生成とその周辺に発生する対流の制御
3. 学会等名 光・量子デバイス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Motofumi Suzuki, Ryosuke Kakuki, Kyoko Namura,
2. 発表標題 Applications of light trapping sculptured thin films
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuya Sengoku, Kyoko Namura, Gregory A. Pilgrim, Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Thermoplasmonic nanobimorph grown by high- and low-temperature glancing angle deposition
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Namura, M. Suzuki
2. 発表標題 Interfacial mechanics studied by photothermal heating of plasmonic nanostructures
3. 学会等名 IEEE NEMS 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyoko Namura
2. 発表標題 Microbubble nucleation and subsequent flow generation studied by thermoplasmonic effect
3. 学会等名 SPIE Optics + Photonics 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyoko Namura
2. 発表標題 Microfluidic Control by Photothermal Heating of Gold Nanoisland Film
3. 学会等名 TIX2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 島田雄策, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 脱気水の局所加熱によって生成される水蒸気バブルの振動
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 代直也, 厩宇迪, 宇都宮徹, 杉村博之, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 光熱変換薄膜の濡れ性が光熱マランゴニ対流に与える影響
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 今福壮貴, 坂倉政明, 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 レーザー光多点同時照射による水蒸気バブル周辺の光熱マランゴニ対流の制御に関する研究
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 Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Nano-Optomechanical System Powered by thermoplasmoic heat in GLAD nanostructure
3. 学会等名 International Conference on Sculptured Thin Films (GLAD 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Perfect Absorbers Structured by Glancing Angle Deposition
3. 学会等名 The ICMSE-RAC 2018 : The International Conference on Materials Science and Engineering: Recent Advances and Challenges (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木基史
2. 発表標題 物理的自己組織化によるナノ形態と機能創生
3. 学会等名 第17回シリサイド系半導体・夏の学校 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 低溶存気体濃度水中での微小気泡およびそれに伴うマイクロ流体攪拌流の発生
3. 学会等名 化学工学会 第49回秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 名村今日子, 鈴木基史
2. 発表標題 アルコール水溶液中で微小気泡周辺に発生するマランゴニ対流
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 名村今日子, 園利希, 鈴木基史
2. 発表標題 金ナノ粒子-V02 薄膜を用いた光熱マランゴニ対流の発生と光熱加熱範囲の評価
3. 学会等名 第3回材料WEEK
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 仙石夕也, Pilgrim, Gregory A., 名村今日子, 水野祐樹, 澄川貴志, 北村隆行, 鈴木基史
2. 発表標題 光熱駆動ナノアクチュエータ
3. 学会等名 第3回材料WEEK
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石夕也, Pilgrim, Gregory A., 名村今日子, 水野祐樹, 澄川貴志, 北村隆行, 鈴木基史
2. 発表標題 高・低温斜め蒸着によるヘテロ構造ナノワイヤの形成と光熱変形
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 N. Takashima, K. Namura, and M. Suzuki
2. 発表標題 Dynamic response of thermoplasmonic marangoni flow around a water vapor microbubble
3. 学会等名 17th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THIN FILMS (ICTF-17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Perfect Absorbers Structured by Glancing Angle Deposition - Applications to Sensing, Optical Elements, and Microfluidics -
3. 学会等名 17th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THIN FILMS (ICTF-17) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Motofumi Suzuki
2. 発表標題 Perfect Absorbers Structured by Glancing Angle Deposition - Applications to Sensing, Optical Elements, and Microfluidics
3. 学会等名 International Union of Materials Research Societies - The 18th International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Motofumi Suzuki
2 . 発表標題 Nanostructured Thin Films with Shape-Related Useful Properties
3 . 学会等名 The 53rd Summer Annual Conference of Korean Vacuum Society (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Suzuki <sup>1</sup> , Y. Sengoku, K. Namura
2 . 発表標題 Interfacial Mechanics for Micro and Nanomechanical Systems Engineered by Photothermal Heating
3 . 学会等名 International Union of Materials Research Societies - The 18th International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2017) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. SENGOKU, G.A. PILGRIM, K. NAMURA, M. SUZUKI
2 . 発表標題 Heterostructured Nanowires for Thermoplasmonic Nanobimorph Actuators
3 . 学会等名 International Union of Materials Research Societies - The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Sengoku, K. Namura, G.A. Pilgrim, M. Suzuki
2 . 発表標題 Thermoplasmonic Actuation of Bi-material Nanowires Grown by High- and Low-Temperature Glancing Angle Deposition
3 . 学会等名 The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Okai, K. Namura, M. Suzuki
2 . 発表標題 Thermoplasmonic Marangoni flow in water with controlled oxygen concentration
3 . 学会等名 The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Namura, M. Suzuki
2 . 発表標題 Microfluidic control by using thermoplasmonic Marangoni effect around a microbubble
3 . 学会等名 IMAPS/ACerS 13th International Conference and Exhibition on Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT 2017) ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Namura, M. Suzuki
2 . 発表標題 Microfluidic Manipulation Based on Thermoplasmonic Marangoni Effect
3 . 学会等名 6th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) & 7th International Symposium in Computational Medical and Health Technology (ISCMHT) ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Namura, M. Suzuki
2 . 発表標題 Stable Solutal-Marangoni Flows Around a Microbubble in Water/1-butanol Mixtures
3 . 学会等名 30th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2017) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Namura, M. Suzuki
2. 発表標題 Marangoni Flow in Microfluidics Controlled by Laser Heating of Gold Nanoisland Films
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会 (JSAP-OSA Joint Symposia 2017) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Namura, M. Suzuki
2. 発表標題 Microparticle handling method based on thermoplasmonic Marangoni effects
3. 学会等名 The 8th International Conference on Surface Plasmon Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Namura, S. Okai, M. Suzuki
2. 発表標題 Effects of Dissolved Gases on Marangoni Flow Around a Microbubble in Water
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Imafuku, K. Namura, M. Suzuki
2. 発表標題 Effect of Laser Irradiation Conditions on a Water Vapor Microbubble and Thermoplasmonic Marangoni Flow in Degassed Water
3. 学会等名 30th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 N. Chishiro, K. Namura, M. Suzuki
2. 発表標題 Photo-induced Manipulation of Microspheres in PEG Solutions on Au Nanoisland Films
3. 学会等名 30th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渥美貴也, 栗山怜子, 巽和也, 中部主敬
2. 発表標題 壁付着マイクロ気泡周りのマランゴニ対流に関する数値解析
3. 学会等名 日本機械学会関西学生会2017年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2018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	杉村 博之 (Sugimura Hiroyuki)  (10293656)	京都大学・工学研究科・教授  (14301)	
研究分担者	名村 今日子 (Namura Kyoko)  (20756803)	京都大学・工学研究科・助教  (14301)	
研究分担者	巽 和也 (Tatsumi Kazuya)  (90372854)	京都大学・工学研究科・准教授  (14301)	