

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01248

研究課題名(和文) ナノ・マイクロ熱輸送センシングとフォノンスペクトロスコピー

研究課題名(英文) Sensing of Nano and Microscale Thermal Transport and Phonon Spectroscopy

研究代表者

長坂 雄次 (Nagasaka, Yuji)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・名誉教授

研究者番号：40129573

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,200,000円

研究成果の概要(和文)：ナノワイヤやナノ薄膜といった次世代ナノ・マイクロ材料・デバイスの熱輸送メカニズム解明を目的として、4つの革新的センシング手法を開発し、従来手法では測定することができなかった環境下において、特異な熱輸送性質を明らかにすることに成功した。さらに、デバイスの劣化加速試験を行い、時々刻々と劣化していくデバイスの界面熱抵抗を開発したセンシング手法を用いて計測し、フォノンスペクトロスコピーが劣化メカニズム解明に適用できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発された革新的センシング手法は、これまでに適用することができなかった環境下(例えば極低温、強磁場や幅広い温度域)において高精度で熱物性を測定することが可能であり、例えば超電導送電ケーブルの熱設計、ガス貯蔵応用や次世代蓄熱材として期待が集まるセミクラスレートハイドレートの実用化に資する熱物性データを提供するという意味で、社会的インパクトは大きい。さらに、劣化メカニズムや特異な熱輸送現象の解明など、提案するフォノンスペクトロスコピーの果たす役割は大きい。

研究成果の概要(英文)：To understand the thermal transport mechanisms of nano/micro materials and their devices, novel sensing techniques have been developed. The unique transport phenomena were successfully clarified using the proposed sensing techniques. Furthermore, the deterioration of the electric devices was observed by measuring the thermal contact resistance of devices during the accelerated deterioration test. Finally, the validity of proposed phonon spectroscopy was confirmed for understanding the deterioration mechanisms.

研究分野：システム熱物性工学

キーワード：熱工学 熱物性 熱伝導率 フォノン

1. 研究開始当初の背景

近年、ナノ構造を巧みに制御することによって、ナノ材料の熱伝導制御を行う試みが精力的に行われている。例えばナノポア構造や楔型ナノ構造をシリコン薄膜に形成することで、フォノン伝導制御が実現しつつある。こうした低次元材料のフォノン伝導メカニズムを明らかにし、ナノ材料の熱伝導制御が実現すれば、熱電変換材料の性能指数の大幅向上や熱トランジスタといった新しいデバイスの創生も可能となる。また、特異な熱輸送性質を示す超伝導薄膜やセミクラレートハイドレートなどの先端ナノ・マイクロスケール材料の熱輸送メカニズムの解明に繋がる。しかしながら、従来技術では測定対象や測定温度レンジが限定的であり、第一原理計算や分子動力学法といったシミュレーションとの乖離が大きい。これは、従来技術の時空間分解能が圧倒的に足りていないことに加えて、従来技術の測定不確かさが大きいことに起因しており、本研究で提案する 1 次元材料から 3 次元材料までのナノ材料を統一的に扱えるフォノンスペクトロスコーピー技術は国内外を見ても未だ例が無い。

2. 研究の目的

本研究では、ナノワイヤやナノ薄膜といった低次元材料から、クラレートハイドレートなどのマルチスケールにおいて、様々なサンプル環境下(温度や磁場等)において高精度かつ高い再現性で測定可能な革新的熱物性センシング技術(近接場偏光熱顕微鏡, 超高速周期加熱サーモリフレクタンス法, パリレン被覆非正常細線法, フォトサーマル周期加熱法)を確立し、得られた熱輸送特性データからフォノンスペクトロスコーピー解析を行うことで、ナノ・マイクロスケールにおける特異な熱輸送の描像を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

ナノ・マイクロスケールにおける特異な熱輸送現象をモニタリングしフォノンスペクトロスコーピー解析を達成するために、下記の 4 つの革新的熱物性センシング技術について従来技術を凌駕する高い精度と再現性で計測可能なレベルに高度化し、種々の系への適用・応用を実施する。

- (1) 環境制御型近接場偏光熱顕微鏡の開発とナノスキヤニング応用
- (2) 超高速周期加熱サーモリフレクタンス法の開発と極低温・強磁場環境への適用
- (3) パリレン被覆非正常細線法の開発とセミクラレートハイドレートへの適用
- (4) フォトサーマル赤外検知法の開発と劣化プロセスモニタリング応用

4. 研究成果

- (1) 環境制御型近接場偏光熱顕微鏡の開発とナノスキヤニング応用

近接場偏光熱顕微鏡を用いてナノデバイスの熱輸送特性-温度依存性をセンシングするために、新たな近接場制御機構を導入した(図1)。今回導入した光てこ方式は、従来用いていた水晶振動子式制御方式と比較して、測定環境の温度変化に高いロバスト性を示し、環境制御型近接場偏光熱顕微鏡を実現した。開発したセンシング技術を用いてナノダイヤモンドを単分子修飾した基板の窒素空孔中心分布をナノレベルで分析することに成功した(図2)。ナノダイヤモンドの窒素空孔中心は次世代の温度センサーや圧力センサーとして期待されており、本研究成果により、新たなデバイスデザインの道が拓ける。

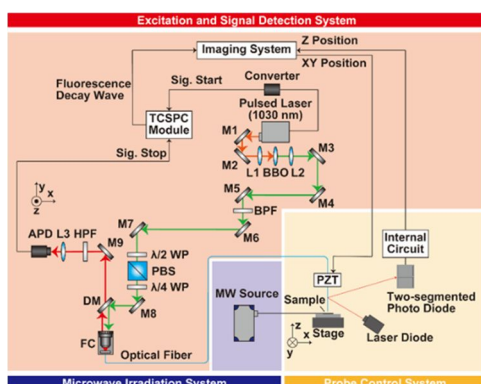


図1 環境制御型近接場偏光熱顕微鏡

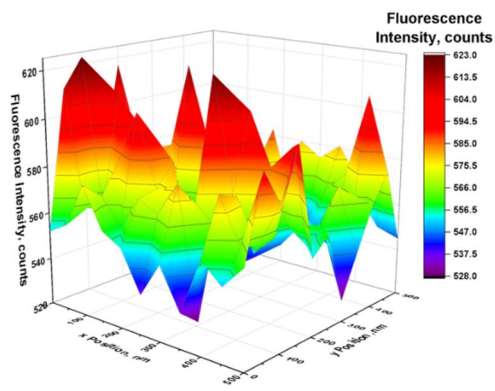


図2 ナノダイヤモンドの窒素空孔中心分布

(2) 超高速周期加熱サーモリフレクタンス法の開発と極低温・強磁場環境への適用

開発した超高速周期加熱サーモリフレクタンス法を用いて、希土類系銅酸化物高温超伝導体(図3)の一つである DyBCO 超伝導薄膜の熱伝導率 膜厚依存性ならびに温度依存性を明らかにした(図4). 500 nm 厚 DyBCO 超伝導薄膜を用いて、強磁場環境下 (~5 T) において熱伝導率測定を行い、提案手法の妥当性を示した(図5). また、図6に示すように、Pt 薄膜を 200 nm 成膜した 200 nm 厚 SiN メンブレン薄膜を提案手法によって計測し、超伝導薄膜の面内熱伝導率測定の妥当性を明らかにした. 本成果により、極低温・強磁場環境下における超伝導薄膜の厚み方向ならびに面内方向熱伝導率測定が可能となり、超伝導薄膜に対する磁場印加方向を変化させながら熱伝導率変化をモニタリングすることで、超伝導薄膜のフォノンスペクトロスコピー解析が実現する.

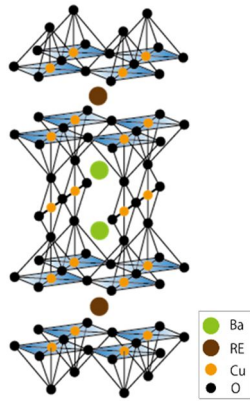


図3 希土類系銅酸化物高温超伝導体

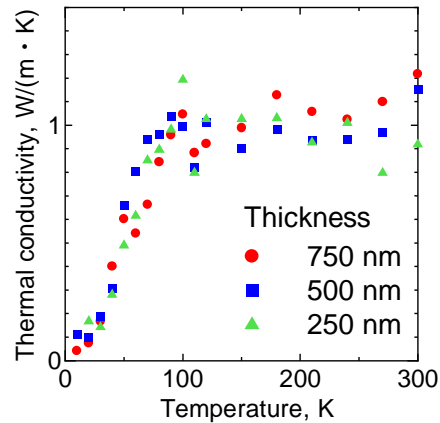


図4 DyBCO 超伝導薄膜の熱伝導率 温度依存性

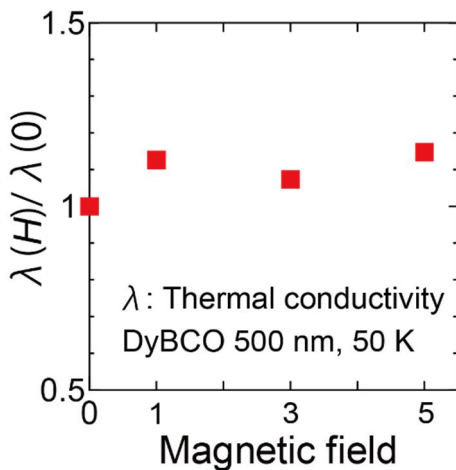


図5 強磁場環境下での測定結果

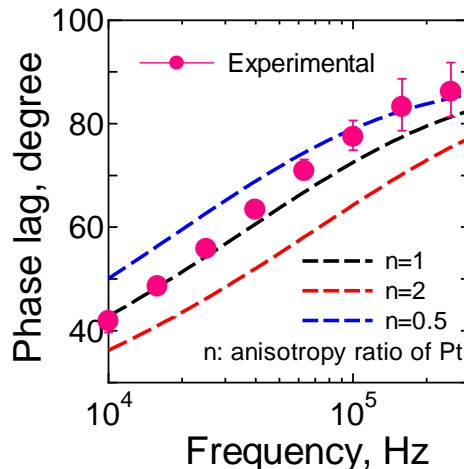


図6 面内方向熱伝導率測定結果

(3) パリレン被覆非定常細線法の開発とセミクラスレートハイドレートへの適用

セミクラスレートハイドレート(図7)の結晶成長を超短時間に観察可能なシステムを構築し、結晶成長条件の網羅的な探索が可能となった(図8). 本システムでは、熱拡散長の影響を考慮して、限りなく少量でセミクラスレートハイドレートの熱伝導率測定が可能となっており、結晶生成時間を大幅に短縮することができた. 高精度な熱伝導率測定を実施するためには、プローブ近傍への不純物の混入を極力低減しなければならない. 本研究では、所望の結晶構造を有するセミクラスレートハイドレートが高純度にプローブ近傍に生成可能な結晶成長プロトコルを確立した. 2種類のセミクラスレートハイドレート(テトラブチルアンモニウムブロミド, テトラブチルアンモニウムクロリド)の熱伝導率に関して、融点を跨ぐ広範な温度範囲で測定することに成

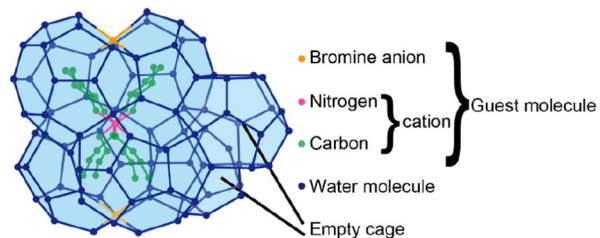


図7 セミクラスレートハイドレート結晶例

功し、特異な熱輸送メカニズムを明らかにした(図9)。また、3種類のセミクラスレートハイドレート(テトラブチルアンモニウムフロリド,テトラブチルアンモニウムヒドロキシド,テトラブチルホスニウムヒドロキシド)についても熱伝導率の温度依存性を明らかにし、包接するゲスト分子に起因したラットリング現象の解明に繋がる貴重な熱物性データを得ることに成功した。

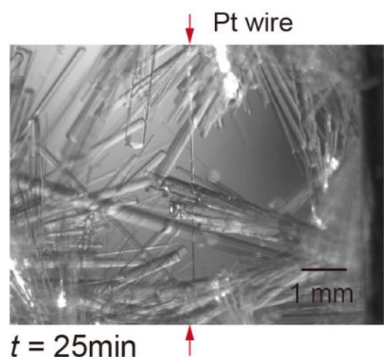


図8 生成された結晶の観察

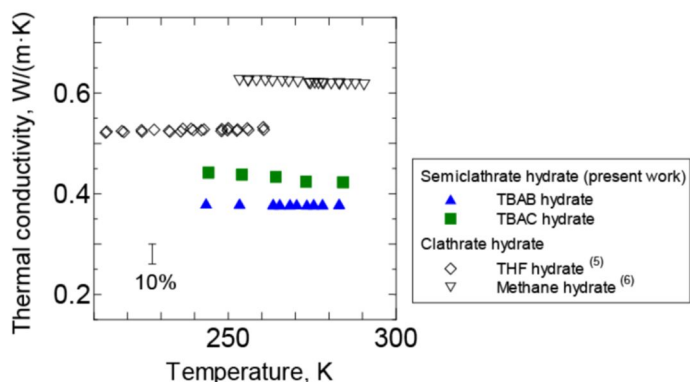


図9 測定された熱伝導率 温度依存性例

(4) フォトサーマル周期加熱法の開発と劣化プロセスモニタリング応用

電子デバイスに用いられる Au バンプの劣化プロセスモニタリングを実現するために、フォトサーマル周期加熱法を用いてデバイスの劣化による界面熱抵抗変化をモニタリングした。劣化加速試験機により時々刻々と劣化する Au バンプの界面熱抵抗が大幅に変化することを明らかにした。そこで、劣化プロセスを更に詳細に分析するために、超高速周期加熱サーモリフレクタンس法を劣化プロセスモニタリングに適用することを新たに着想した。劣化加速試験用チャンバーを備えた超高速周期加熱サーモリフレクタンス法を開発し、光学窓を介して劣化状態を観察しながら界面熱抵抗測定を同時に行うことができる。開発したチャンバーでは -196 ~ 600 の範囲でサイクリックに温度変化を試料に与えることが可能となり、任意の条件で試料の劣化加速を促進することができる。図10に劣化加速試験後の Au バンプの断面 SEM 画像を示した。クラックの増加や金属原子の拡散に伴う合金化が観察された。また、劣化加速試験に伴う界面熱抵抗変化を図11に示した。結果より、非接触で劣化モニタリングが可能であることを実験的に示すことに成功した。さらに、半導体デバイス実装に用いられる導電性接着試料についても劣化プロセスモニタリングを行った。本研究で用いた導電性接着試料は、Ag 粒子を導電性フィラーとしてエポキシ樹脂に混合したものである。劣化加速試験を行った結果、導電性接着試料の界面熱抵抗が劣化に伴い上昇することを明らかにした。

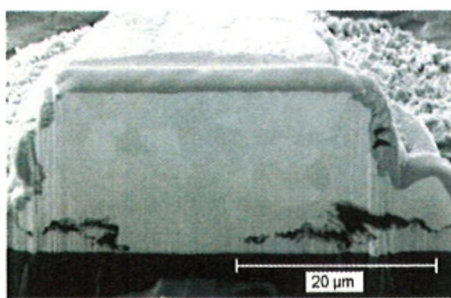


図10 劣化加速試験後の Au バンプ SEM 画像

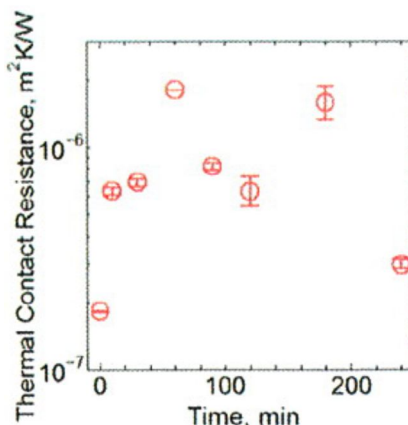


図11 劣化による界面熱抵抗変化

以上示したように、本研究により、4種類の独創的なセンシング手法を構築し、従来手法ではセンシングできない系について適用し、フォノンスペクトロスコピーに資する新たな知見を得ることに成功した。また、本研究で開発した革新的熱物性計測技術の要素技術を物質輸送センシングに応用し、細胞の凍結保存時に用いられる凍結保護剤の特異な輸送性質を明らかにすることに成功しており、提案したナノ・マイクロ熱輸送センシングが新たな熱流体システムデザインを実現することを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Tomioka, K., Tachikawa, S., and Nagasaka, Y.	4. 巻 35
2. 論文標題 Evaluation of thermal control material using dielectric multi-layer film for spacecraft	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Journal of Thermophysical Properties	6. 最初と最後の頁 5-11
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 Fujikawa, M., Sato, Y., Fujita, M., and Nagasaka, Y.	4. 巻 311
2. 論文標題 Mutual diffusion coefficient of concentrated trehalose aqueous solutions including supercooled regions measured by the Soret forced Rayleigh scattering method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Molecular Liquids	6. 最初と最後の頁 113346 ~ 113346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.molliq.2020.113346	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 Matsuura, H. and Nagasaka, Y.	4. 巻 89
2. 論文標題 Soret forced Rayleigh scattering instrument for simultaneous detection of two-wavelength signals to measure Soret coefficient and thermodiffusion coefficient in ternary mixtures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 024903-1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/1.5013292	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 Matsuura, H., Tokuda, D., and Nagasaka, Y.	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of measurement technique of mass diffusion coefficient of aqueous methanol solutions in polymer electrolyte membranes based on infrared Soret forced Rayleigh scattering method using single crystal diamond window in a sample cell	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jtst.2018jtst0015	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 富岡孝太, 大関駿太郎, 太刀川純孝, 大村高弘, 長坂雄次	4. 巻 32
2. 論文標題 新しい補正法による真空下における低熱伝導率材料の熱伝導率測定	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 熱物性	6. 最初と最後の頁 104 -111
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 老川ひろみ, 長坂雄次	4. 巻 32
2. 論文標題 低濃度グルコース水溶液の非接触濃度センシング手法に関する研究 2波長回転位相子法による微小旋光度検出装置の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 熱物性	6. 最初と最後の頁 157 - 164
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 Matsuura, H. and Nagasaka, Y.	4. 巻 89
2. 論文標題 Soret forced Rayleigh scattering instrument for simultaneous detection of two-wavelength signals to measure Soret coefficient and thermodiffusion coefficient in ternary mixtures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Rev. Sci. Instrum.	6. 最初と最後の頁 024903/1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5013292	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 Murakami, Y., Goto, H., Taguchi, Y., Nagasaka, Y.	4. 巻 38
2. 論文標題 Measurement of Out-of-Plane Thermal Conductivity of Epitaxial YBa2Cu3O7- Thin Films in the Temperature Range from 10 K to 300 K by Photothermal Reflectance	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Int. J. Thermophys.	6. 最初と最後の頁 160/1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10765-017-2294-7	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 -

〔学会発表〕 計49件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 22件）

1. 発表者名 大北理人, 長坂雄次, 田口良広
2. 発表標題 赤外ソーレー強制レイリー散乱法による電解質溶液の拡散係数測定に関する研究 - バナジウム型レドックス・フロー電池用正極活物質への適用 -
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 君島大生, 長坂雄次, 太刀川純孝, 田口良広
2. 発表標題 電波透過型赤外反射材の性能向上に関する研究 - CaF ₂ を用いた誘電体多層膜の設計と評価 -
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤有夏, 長坂雄次, 田口良広
2. 発表標題 過冷却状態を含むスクロース水溶液の拡散係数測定に関する研究 ソーレー強制レイリー散乱法による測定
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴田和徳, 長坂雄次, 田口良広
2. 発表標題 パルスレーザー粘度計を用いた液体の粘性率および表面張力測定に関する研究 体積加熱現象に関する理論的および実験的再検討
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤健斗, 長坂雄次, 太刀川純孝, 田口良広
2. 発表標題 FT-IRを用いた分光法による低温領域の全半球放射率の推算 測定手法の実験的検証とカロリメータ法との比較
3. 学会等名 第41回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤有夏, 藤川真基, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 過冷却状態を含む高濃度スクロース水溶液の 拡散係数測定に関する研究 ソーレー強制レイリー散乱法による測定
3. 学会等名 第57回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大北理人, 村井太治, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 赤外ソーレー強制レイリー散乱法による電解質溶液の拡散係数測定に関する研究 パナジウム型レドックス・フロー電池用正極活物質への適用
3. 学会等名 第57回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦弘明, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 赤外ソーレー強制レイリー散乱法による水溶液系のソーレー係数測定法の開発 妥当性確認のためのエタノール水溶液の測定
3. 学会等名 第56回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤健斗, 太刀川純孝, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 赤外天文衛星用V-groove式熱シールドに関する研究 効率的な放射冷却構造の検討と実験的検証
3. 学会等名 第56回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野賢也, 豊内哲也, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 リブロン表面光散乱法による微量有機物の動的センシング ポリマーチューブからの水中溶出量評価
3. 学会等名 第56回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高鍋晃治, 石川利行, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 高温超伝導DyBCO薄膜の周期加熱サーモフレクタンス法による厚み方向熱伝導率測定 膜厚 (250 ~ 750 nm) 依存性およびYBCO薄膜との比較
3. 学会等名 第56回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iwagi, T., Taguchi, Y., and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Development of a Small Optical Rotation Measurement System using a Hollow Motor with Half-wave-retarder Plate with Multiple Probing Laser for Measurement of Dilute Glucose Aqueous Solution
3. 学会等名 12th Asian Thermophysical Properties Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ozeki, S., Tachikawa, S., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Thermal Conductivity Evaluation of Polyimide Foam Insulation for Space by Guarded Hot Plate Method Measurement and Lattice Boltzmann Method Analysis
3. 学会等名 12th Asian Thermophysical Properties Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Muir, T., Taguchi, Y., and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Experimental Study of Measurement Technique of Mass Diffusion Coefficient of an Aqueous Ethanol Solution in a Polymer Electrolyte Membrane of NAFION 117 based on Infrared Soret Forced Rayleigh Scattering Method at 298.2 K
3. 学会等名 12th Asian Thermophysical Properties Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujikawa, M., Taguchi, Y., and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Measurement of Mutual Diffusion Coefficient of Aqueous Trehalose Solutions in the Concentration Range from 10 wt% to 80 wt% at 25.0 including Supercooling States using Soret Forced Rayleigh Scattering Method
3. 学会等名 12th Asian Thermophysical Properties Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳田大智, 松浦弘明, 長坂雄次
2. 発表標題 赤外ソーレー強制レイリー散乱法による高分子電解質膜内の物質拡散係数測定法の開発 単結晶ダイヤモンド窓を用いた試料セルによる検討
3. 学会等名 第55回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤川真基, 藤田雅之, 長坂雄次
2. 発表標題 過冷却状態における高濃度トレハロース水溶液のソーレー強制レイリー散乱法を用いた相互拡散係数測定に関する研究
3. 学会等名 第55回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村井太治, 松浦弘明, 長坂雄次
2. 発表標題 ソーレー強制レイリー散乱法によるコロイド分散系の拡散係数測定に関する研究 有機薄膜太陽電池材料PEDOT分散系への適用
3. 学会等名 第55回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuura, H. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Measurement of the Soret coefficient and Thermodiffusion Coefficient in Ternary Polymer Solutions of Cellulose Acetate Butyrate, Styrene, and 2-butanone by a Soret Forced Rayleigh Scattering Method at 298.2 K
3. 学会等名 20th Symposium on Thermophysical Properties (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuura, H., Tokuda, D. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Development of an Infrared Soret Forced Rayleigh Scattering Instrument Using a Single Crystal Diamond Window in a Sample Cell for Measurement of Diffusion Coefficients of Aqueous Solutions in Polymer Electrolyte Membranes
3. 学会等名 20th Symposium on Thermophysical Properties (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ishikawa, T., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Measurement of In-plane Thermal Conductivity of High-Tc Superconducting YBCO Thin Films by the Photothermal Reflectance Method (Wet Etch Process for Removing SrTiO3 Substrate)
3 . 学会等名 20th Symposium on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kobayashi, T. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Application of Pulsed Laser Viscometer to Measure Viscosity of 2 ml of Whole Human Blood and Plasma within 1 ms at 37 °C
3 . 学会等名 20th Symposium on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Toyouchi, T. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Sensing of Apparent Surface Properties of O2 and N2 Nano-Bubbles in Water by Observing Ripplons: Experimental Study on the Influence on Lifetime of Bubbles under a Reduced Pressure Environment
3 . 学会等名 20th Symposium on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Okitsu, S., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Development of Near-Field Optics Thermal Nanoscopy for Thermal Analysis at the Nanoscale
3 . 学会等名 20th Symposium on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuura, H. and Nagasaka, Y
2. 発表標題 High speed sensing of mass diffusion of aqueous methanol solutions in Nafion and Aquivion by infrared Soret forced Rayleigh scattering
3. 学会等名 69th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsuura, H. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Measurement of Thermodiffusion in Ternary Polymer Solutions of Cellulose Acetate Butyrate + Styrene + 2-Butanone by Soret Forced Rayleigh Scattering
3. 学会等名 13th International Meeting on Thermodiffusion (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太刀川純孝, 富岡孝太, 長坂雄次
2. 発表標題 多層膜型熱制御材料の開発
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新井優太, 長坂雄次
2. 発表標題 光音響法による皮膚の熱光学特性センシング手法の研究 - 模擬多層サンプルの多波長測定 -
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今野涼平, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 非定常細線法による過冷却トレハロース水溶液の熱伝導率測定に関する研究
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内葉月, 太刀川純孝, 長坂雄次
2. 発表標題 エレクトロクロミック材料を用いた宇宙機用放射率可変ラジエータに関する研究 - W03の赤外領域における放射特性の測定とその評価 -
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊内哲也, 長坂雄次
2. 発表標題 リブロンセンシングによる微量有機物水質汚染の動的検知に関する研究 純水中へのポリエーテルウレタンの溶出量評価
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎谷友輔, 大村亮, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 セミクラスレートハイドレートの水和数と熱伝導率に関する研究 -非定常細線法によるTBAB・38H2Oの測定およびTBAB・26H2Oとの比較-
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 老川ひろみ, 岩城拓磨, 長坂雄次
2. 発表標題 複数波長を用いた旋光度測定による低濃度グルコース水溶液の非接触高分解能濃度測定に関する研究 - アルブミン・グルコース混合液の非接触高分解能濃度測定に関する研究 - 複数波長を用いた旋光度測定によるアルブミン・グルコース混合液の濃度測定に関する研究 -
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大関駿太郎, 富岡孝太, 太刀川純孝, 長坂雄次
2. 発表標題 小型保護熱板装置による断熱材の熱伝導率測定 - 熱リーク量を推定した補正法の不確かさ評価
3. 学会等名 第39回日本熱物性シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kamata, M., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Development of Micro Fluidic System for High-Speed Diffusion Measurement
3. 学会等名 the Ninth JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yamamoto, K., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Study on Optical Manipulation for Micro Optical Diffusion Sensor
3. 学会等名 21st European Conference on Thermophysical Properties (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Fujita, M. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Soret Foreced Rayleigh Scattering Method to Measure D12 of Aqueous Trehalose Solutions
3 . 学会等名 21st European Conference on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Oikawa, H. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 A Preliminary Study to Measure Concentration of Dilute Glucose Aqueous Solutions
3 . 学会等名 21st European Conference on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Eguchi, M., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Improvement of Measurement Sensitivity of Optical Hand-held Viscosity Sensor
3 . 学会等名 21st European Conference on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Matsuura, H. and Nagasaka, Y.
2 . 発表標題 Measurement of Thermodiffusion in Cab/styrene/ 2-butanone by Soret Forced Rayleigh Scattering
3 . 学会等名 21st European Conference on Thermophysical Properties (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Kamata, M., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Temperature Dependence of Photoconductive Thin Film for Micro Optical Diffusion Sensor
3. 学会等名 21st European Conference on Thermophysical Properties (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kamata, M., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Optoelectro Microfluidic Chip for Sequential Sensing of Mass Diffusion Coefficient
3. 学会等名 OMN2017 (2017 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長坂雄次
2. 発表標題 光センシングによるナノ・マイクロスケール熱物性計測とその応用
3. 学会等名 第2回フォトリックデバイス・応用技術研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kamata, M., Taguchi, Y. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Nano-sized Sample Analysis Based on Diffusion Coefficient using Optoelectronic Microfluidic Sensor
3. 学会等名 9th US-Japan Joint Seminar on Nanoscale Transport Phenomena, Tokyo, 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Matsuura, H. and Nagasaka, Y.
2. 発表標題 Microscale Mass Transport in Ternary Polymer Solutions Observed by Soret Forced Rayleigh Scattering Method
3. 学会等名 9th US-Japan Joint Seminar on Nanoscale Transport Phenomena, Tokyo, 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦浩明, 西尾昌悟, 田口良広, 牧英之, 斎木敏治, 長坂雄次
2. 発表標題 量子ドットを表面修飾した白色発光ナノデバイスの温度分布イメージング
3. 学会等名 第54回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 沖津俊太, 前田琢真, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 偏光近接場光学顕微鏡を用いた金属ナノワイヤの 高分解能・広視野温度測定に関する研究
3. 学会等名 第54回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤浦京介, 榎谷友輔, 田口良広, 大村亮, 長坂雄次
2. 発表標題 セミクラスレートハイドレートの熱伝導率測定と 結晶化過程その場観察 非定常細線法によるTBAB, TBACハイドレートの測定
3. 学会等名 第54回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川利行, 後藤春菜, 田口良広, 長坂雄次
2. 発表標題 高温超伝導YBCO薄膜の熱伝導率の異方比測定に関する研究 周期加熱サーモリフレクタンス法による距離変化を用いた測定方法の検討
3. 学会等名 第54回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科長坂・田口研究室 http://www.naga.sd.keio.ac.jp/
--

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	田口 良広 (Taguchi Yoshihiro) (30433741)	慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授 (32612)	

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
---------	---------