

2023 年第 70 回応用物理学会春季学術講演会 シンポジウム(T7) 報告書

「ナノ光熱変換が拓く異分野横断型光科学の新地平」

企画: 光科学異分野横断萌芽研究会、光科学若手研究会、関東光科学若手研究会

日時: 2023 年 3 月 16 日(木)

会場: 上智大学四谷キャンパス A307 (6 号館)+オンライン(ハイブリッド開催)

世話人: 飯田琢也(大阪公立大)、柚山健一(大阪公立大)、東海林竜也(神奈川大)、伊都将司(大阪大)

本シンポジウムは、金属や半導体のナノ構造(ナノ粒子、ナノ薄膜、ナノアレイなど)の高効率な光熱変換を利用した流体制御・化学反応制御・生体模倣・生体制御に関連するホットな研究領域となりつつある「フォトサーマル・フルイディクス」に関する基礎・応用研究について俯瞰し、異分野横断研究への展開を議論する場を提供することを目的として開催された。

前半の冒頭では、世話人の飯田琢也氏よりオープニングとしてシンポジウム全体の趣旨の説明があった。光物理と熱流体力学の融合領域である「フォトサーマル・フルイディクス」の学理に触れ、近年のナノ加工技術による光発熱効果の高度な制御と積極的な利用を試みるサーモプラズモニクスの国際的な研究動向や、日本国内での 21 世紀以降の研究動向が紹介された。特に、2019 年 1 月当時は Photothermal をキーワードとして含む論文数が 2000 件程度だったのに対し、2023 年 3 月現在では 6000 件に迫っており、Nano や Biomedical に関する研究が大部分を占めていることが報告され、我が国としてもナノ光熱変換やフォトサーマル・フルイディクスへの加速と集中投資が必要であることが示唆された。

最初の招待講演者である齋木敏治氏(慶應義塾大)より光熱変換を利用した生体模倣ダイナミクスに関する「光熱流体効果を利用したコロイド粒子・相変化材料系への群知能の実装」が報告された。相変化材料(GST 系材料)から成る基板の上にヤヌス粒子(半分を金被覆されたマイクロ粒子)を配置してサブナノ秒パルス光を照射することでレンズ効果により局所的に相変化を起し、交流電場を印加すると導電性の高い結晶相に向けた電気浸透流が発生して粒子の駆動力となり、蟻がフェロモンに誘引されて移動するのと同様のダイナミクスを誘発できることが報告された。

続いて、瀬戸浦健仁氏(神戸工専)により「局在プラズモンを用いたナノスケール温度場造形」に関する招待講演が行われ、熱伝導率が金の 10%以下と低いプラズモン材料として注目されている窒化チタンナノ粒子において光の回折限界よりも小さなナノスケールの領域に光発熱効果を空間選択的に局在化できる可能性を示唆する理論的報告が行われた。

また、田村守氏(大阪大)により、「光渦の下での光熱・光圧による連続体の質量輸送の理論研究」に関する招待講演が行われ、ドーナツ型のパルスレーザーによる局所光加熱が誘起するマランゴニ対流により回折限界を超えた数百 nm 程度の突起構造が形成できること、軌道角運動量の付与による回転対称性の破れたドーナツビームによる物質輸送により螺旋状のナノ構造を形成できることを説明する理論的報告も行われた。

さらに、名村今日子氏(京都大)による「光熱誘起マイクロバブルが拓く熱流体制御技術」に関する招待講演では膜厚 10~100 nm の光熱変換膜に接する脱気水にレーザー集光して発生した水蒸気バブルによる m/s オーダーの高速な対流や温度勾配制御による流れの方向制御、MHz オーダーの振動現象などの興味深い現象が報告された。

これらの招待講演に加えて、豊内秀一氏(大阪公立大)による「異種プローブの光濃縮による迅速・高感度な DNA 定量分析法の開発」や、納谷昌之氏(慶應義塾大/納谷ラボ)による「光によって駆動される自発運動微小液滴」に関する一般講演も行われた。

後半のセッションでは、藤原英樹氏(北海学園大)による「局所レーザー加熱を利用したナノ材料の選択合成」に関する招待講演が冒頭に行われ、金ナノアンテナのナノギャップにおける電場増強による局所加熱を利用した「プラズモン支援水熱合成法」を開発し、酸化亜鉛ナノ構造の水熱合成やグラファイト合成に関する最近の研究成果が報告された。

続いて、石井智氏(物質・材料研究機構)により「微細構造を用いた光熱変換での実効的な吸収率と熱伝導率の制御」に関する招待講演が行われ、アスペクト比の高いピラー状微細構造の周期的アレイを窒化チタンやシリコンで作製して光熱変換効率の増大を実現した。特に、ピラーアレイの周期とピラー幅を系統的に変化させることで実効的熱伝導率を制御できることをマクスウェルガーネット理論も援用して説明した。

また、辻徹郎氏(京都大学)により「光熱変換の分子流体力学への展開」に関する招待講演が行われ、マイクロ流路中でのマイクロ粒子の熱泳動と熱対流の拮抗状態から多様な粒子分布のパターンが得られること、およびその機構に関する系統的な報告が行われた。また、光発熱効果により生じた熱浸透流の可視化手法について、トレーサー粒子の光捕捉を用いた手法が説明された。

さらに、井手口拓郎氏(東京大)からは「中赤外フォトサーマル定量位相顕微鏡による単一生細胞イメージング」に関する招待講演が行われた。中赤外光を試料面に広視野照明することで分子振動選択的な吸収分布を作り、局所加熱による熱分布を反映した屈折率変化を可視光の顕微位相イメージングで定量し、ビデオレートを超えるフレームレートで単一生細胞イメージングを実証した結果が報告された。

最後に、床波志保氏(大阪公立大)からは「微生物の光濃縮によるセンシング・環境テクノロジーの創成」に関する招待講演が行われた。特にハチの巣のような六方最密構造を有するハニカム型光濃縮基板を開発し、光誘起対流を効果的に利用した迅速・高感度な微生物検出法や、電流発生菌を用いた微生物燃料電池への展開に関する最近の研究成果が報告された。

クロージングでは世話人の伊都将司氏より総括が行われた。講演者より提供された話題に基づいて、(1)ナノ熱分布のデザインによるナノ捕捉・化学反応制御による「超局在」の機構解明、(2)新規顕微分光・イメージング技術の開発による分子流体力学と連続流体力学のクロスオーバー領域での動力学解明による「計測・理解」、(3)生体模倣ダイナミクスや物質系の局所状態制御などのメソ・マクロ領域の階層・次元を超えた学際研究による「高度制御」への展開、(4)マテリアルデザイン(ナノパターンニング、分子重合)や次世代およびバイオテクノロジー(環境、医薬学、食品)などの「機能創発」による応用・社会実装など、4つの課題が時間・空間スケールで分類・明確化された。これらの課題がICT技術(IoT、ビッグデータ、AI)を援用して協奏することで革新的な学術研究領域が拓かれるはずとの提言も行われた。

以上、9件の招待講演と2件の一般講演に加えてスポンサーセミナーも行われ、計100名(現地会場:61名、オンライン39名)の参加者がおり、活発な議論が繰り広げられ大変有意義なものであった。本企画をきっかけにナノ光熱変換の一大分野が形成され産学官連携の活性化に発展し、当該分野で我が国が世界をリードすることを祈念しつつ本報告書を締め括る。

第70回応用物理学会春季学術講演会

ナノ光熱変換が拓く異分野横断型光科学の新地平

New horizon in interdisciplinary photonics pioneered by nano-photothermal conversion

日時: 2023年3月16日(木) 13:30-18:40

会場: 上智大学四谷キャンパス A307 (6号館)+オンライン(ハイブリッド開催)

本シンポジウムでは、金属や半導体のナノ構造(ナノ粒子、ナノ薄膜、ナノアレイなど)の高効率な光熱変換を利用した流体制御・化学反応制御・生体模倣・生体制御に関連するホットな研究領域となりつつある「フォトサーマル・フルイディクス」に関する基礎・応用研究について俯瞰し、異分野横断研究への展開を議論する場を提供することを目的としています。

近年のナノ加工技術の進展により光発熱効果の高度な制御が可能となり、積極的な利用を試みるサーモプラズモニクスに関する研究が国際的にも活性化しています。我が国でも、ナノ光熱源により制御された流体ダイナミクスの基礎研究、ナノバタニングや分子の集積・結晶化による反応制御に基づくマテリアルデザイン、光誘起相変化による生体模倣的ダイナミクスの解明、光圧と流体効果の複合的利用によるバイオマテリアル制御や生体分子の量子状態制御などの応用研究も独創性の高い個別のアプローチで活発に行われています。これらのナノ光熱変換に関する最先端研究を推進している研究者に一堂に会してご講演いただき、世界をリードする一大分野形成と産学官連携の活性化に向け、参加者の皆様との活発な議論を期待しています。

プログラム(敬称略)

前半 座長: 柚山 健一 (大阪公立大学理学研究科)

飯田 琢也(大阪公立大学 理学研究科/LAC-SYS研究所)「オープニング(趣旨説明)」

斎木 敏治(慶應義塾大学 理工学部) [招待]

「光熱流体効果を利用したコロイド粒子・相変換材料系への群知能の実装」

瀬戸浦 健仁(神戸市立工業高等専門学校 機械工学科) [招待]

「局在プラスモンを用いたナノスケール温度場造形」

田村 守(大阪大学 基礎工学研究科) [招待]

「光渦の下での光熱・光圧による連続体の質量輸送の理論研究」

名村 今日子(京都大学 工学研究科) [招待]

「光熱誘起マイクロバブルが拓く熱流体制御技術」

豊内 秀一(大阪公立大学LAC-SYS研究所)[一般]

「異種プローブの光濃縮による迅速・高感度なDNA定量分析法の開発」

納谷 昌之(慶應義塾大学 理工学部/納谷ラボ) [一般]

「光によって駆動される自発運動微小液滴」

後半 座長: 東海林 竜也 (神奈川大学理学部)

藤原 英樹(北海学園大学 工学部) [招待]

「局所レーザー加熱を利用したナノ材料の選択合成」

石井 智(物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点) [招待]

「微細構造を用いた光熱変換での実効的な吸収率と熱伝導率の制御」

辻 徹郎(京都大学 情報学研究科) [招待]

「光熱変換の分子流体力学への展開」

井手口 拓郎(東京大学 理学系研究科) [招待]

「中赤外フォトサーマル定量位相顕微鏡による単一生細胞イメージング」

床波 志保(大阪公立大学 工学研究科/LAC-SYS研究所) [招待]

「微生物の光濃縮によるセンシング・環境テクノロジーの創成」

伊都 将司(大阪大学 基礎工学研究科)「クロージング」

スポンサーセミナー ブルカージャパン株式会社「ナノ赤外分光技術のご紹介」

◎前半・後半の間の休憩時間と全プログラム終了後に「名刺交換会」も予定しております。

企画: 光科学異分野横断萌芽研究会、光科学若手研究会、関東光科学若手研究会

世話人: 飯田琢也(大阪公立大学)、柚山健一(大阪公立大学)、東海林竜也(神奈川大学)、伊都将司(大阪大学)

連絡先 e-mail: t-iida[at]omu.ac.jp ([at] を@に置き換えて下さい)



光科学異分野横断
萌芽研究会HP