

熱輸送のスペクトル学的理解と機能的制御
2019 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

梶原 優介

東京大学 生産技術研究所
准教授

熱励起エバネッセント波を介したナノスケール熱分光法の開拓

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、熱励起エバネッセント波を分光検出することにより、ナノスケールの熱分光技術を確立することを主目的としている。2020年度までにデュアルプローブ AFM システムおよび低温受光光学系 (4.2 K) を構築し、4 μm 離れた 2 探針からの近接場検出、および波長 14~15 μm における金属の近接場分光を達成していた。2021 年度は、両システムの性能向上および誘電体の近接場分光を介した装置指導原理解明を目標に研究を進めた。2 探針測定に関しては、探針の水平方向駆動にピエゾアクチュエータを導入し、かつ昨年度構築した衝突回避プログラムを利用することで、2 探針を 100 nm 程度に近づけた状態でも独立して近接場信号が取得できることを確認した。今後は 2 探針測定によって実際のナノスケール熱輸送測定を行う予定である。加えて、各探針の空間分解能を 10 nm 以下まで向上させるため、AC/DC2 段階電解研磨法や CNT プローブの導入を試みた。AFM としては空間分解能 10 nm 以下を達成しているが、近接場検出の空間分解能は 10 nm 以下まで到達していないため、2022 年度も CNT 探針を利用して目標達成を図る。近接場分光測定に関しては、ミラーレス光学系の導入、回折格子の材料変更 (Al \Rightarrow 無酸素銅) によって S/N が 3 倍以上に向上し、金属と比べて信号強度が低い誘電体の近接場分光 (波長 14~15 μm) を達成している。特に測定波長帯で表面フォノン共鳴波長をもつ GaN からの近接場信号は、揺動散逸定理を適用した電磁エネルギー密度計算とは乖離した結果となったため、従来の光源利用型近接場検出とは異なるパッシブ近接場信号検出理論を構築し、実測値との整合性を高めた。より確度の高い検出指導原理に到達するため、2022 年度は異なる波長帯域での誘電体近接場分光を進めてパッシブ近接場信号検出理論を確立する予定である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Passive near-field imaging via grating-based spectroscopy,” *Review of Scientific Instruments*, 93, 1, (2022) 13704.
- 2) “Laser-assisted tip positioning for thermal near-field microscopy,” *Infrared Physics & Technology*, 119, (2021) 103917.