

長尾 忠昭

国立研究開発法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点
グループリーダー

セラミックスヘテロ層における界面電磁場制御と熱エネルギー利用

§ 1. 研究実施体制

(1) 光機能創発グループ

- ① 研究代表者：長尾 忠昭（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、グループリーダー）
- ② 研究項目
 - ・セラミックス、絶縁体ヘテロ層界面における電磁場制御を用いた機能創発

(2) 加熱グループ

- ① 主たる共同研究者：戸谷剛（北海道大学大学院工学研究院、准教授）
- ② 研究項目
 - ・界面電磁場制御技術の乾燥炉への適用と実用化

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、材料自身の光・熱物性と、ナノ構造電磁場制御の二つの側面から、光エネルギーを高効率に熱エネルギーに変換するための方法論と、その利用方法の開拓を進めてゆく。ナノ・マイクロ構造表界面の局在電磁波に起因した、波長応答性を持つ赤外線デバイスを開発し、波長識別型の赤外線センサーや、加熱対象に合わせた波長の赤外線のみを放射する省エネヒーターを開発する。開発したデバイスを、非接触の温度・状態センシング、物質選択性を持たせた赤外線省エネ乾燥、などに使えることを実証し、企業連係により実用化を推進する。今年度は以下の様に研究を進めた。

金属-絶縁体-金属(MIM)構造をベースとした波長選択素子と高配向 ZnO 焦電体薄膜とを組み合わせた波長選択赤外線センサー素子を開発した。大気の窓である、3-5 μm の中波長赤外帯域(Middle Wavelength Infrared: MWIR)動作するセンサーを開発し、既存の研究でこれまで報告されていた分解能 1 μm より狭帯域な、分解能 0.5 μm を達成した。ZnO 焦電体とアルミニウム MIM 構造をメンブレン断熱構造に搭載する方式を採用し、300V/W(ロックイン周波数 1 Hz)を達成し、目標としていた 1000V/W(1 Hz)に近づけた。

並行して、乾燥に必要な波長帯に合わせた分光放射率を持つ MIM 構造を用いた赤外線ヒーターを試作した。金、アルミニウムを用いてヒーターを試作し、黒体に比べて 37%の省エネ化が可能であることを実証した。さらに、真空封止することで、大気の大気による熱漏れを低減させ、69%の省エネ化を確認した。これは、真空封止した MIM 構造を採用すれば、大気中の黒体ヒーターに比べて、投入電力が 1/4 相当の省エネ乾燥が可能であることを意味している。また、高温大気中動作のための材料を探索し、インジウム酸化錫や窒化チタン、炭化チタンを用いた波長選択素子を開発した。そのうち、インジウム酸化錫の成膜条件を最適化することで、波長半値幅を 1 μm 以下に抑え、放射率も $\epsilon=0.8$ 以上となる高性能な波長選択完全吸収構造を製作できた。酸化物完全吸収構造においてこの二つの性能を併せ持つ例はこれまで無く、真空封止ができない場合の狭帯域ヒーターの代替材料として有望である。

代表的な発表論文

1. D.T. Dao, S. Ishii, T. Yokoyama, T. Sawada, S. Ramu Pasupathi, K. Chen, Y. Wada, T. Nabatame, T. Nagao, ACS Photonics 3, No. 7, pp.1271-1278, 2016.
2. M. Kumar, N. Umezawa, S. Ishii, T. Nagao, ACS Photonics 3, No. 1, pp.43-50, 2016.
3. T. Yokoyama, T.D. Dao, K. Chen, S. Ishii, R.P. Sugavaneshwar, M. Kitajima, and T. Nagao, Advanced Optical Materials 4 (12), 1987-1992,2016.