

エネルギー高効率利用のための相界面科学
平成 25 年度採択研究代表者

H26 年度 実績報告書

長尾 忠昭

(独) 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点
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) 「長尾」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

§ 2. 研究実施の概要

材料表面のナノ構造あるいはナノスケール構造物における低エネルギー電子励起や振動励起現象は、材料表界面における光熱変換現象や熱輻射吸収現象に深く関わるため、その理解を深め知的基盤整備を進めることで、熱エネルギー制御にかかわる新たな技術革新が生まれる可能性が高い。この技術革新が生まれる出口・応用先としては、IT機器の排熱・冷却技術、家庭用給湯器や調理器具、自動車における廃熱利用、太陽光給湯・ヒートポンプの熱収集器、塗装・食品の加熱加工や住宅冷暖房のエネルギーの削減など多岐にわたる。本研究では、セラミックス、ガラスのナノスケールヘテロ薄膜やその表界面、ナノ構造に起因する電磁場応答現象を中心に据え、光エネルギーを熱エネルギーに、あるいは熱エネルギーを電磁場輻射エネルギーへと高効率変換するための、知的基盤整備、基盤技術の確立を目指す。そして、得られた知見や基盤技術を、波長選択赤外熱センサーや高効率ヒーター、熱光起電力素子、光熱起電力素子等へと応用するための指針や、実用化技術の確立へと進める。元素戦略的な観点からの材料探索も進め、それらを用いた赤外波長選択性と高効率な熱輻射・吸収機能をもつ、新しい熱エネルギー変換材料・デバイスの創成に挑戦し、低炭素化社会実現に資するナノ材料工学の開拓を目指す。

H26年度はH25年度に引き続いて研究に必要な基盤整備を進め、プラズモン材料探索・開発のために引き続き研究設備の導入と具体的な材料開発を進めた。アモルファス Al_2O_3 /多結晶 TiO_2 界面において、中赤外分光とホール抵抗測定により、界面蓄積電荷層による2次元電子系が生じていることを見出し、この現象を応用した抵抗変化型不揮発メモリ (Resistive random access memory: ReRAM) に関する特許を出願した。また、赤外プラズモニクス材料の候補としてルテニウム酸化物およびスズ酸化物をベースとした導電性酸化物を検討し、ホール測定と分光エリプソ測定を行い性能を評価し、赤外プラズモン材料としてのみならず、有機EL用透明電極などの応用に適していることを見出した。

8月の領域会議後は研究の方向性を大幅に見直し、高付加価値を生み出せる出口として狭帯域赤外線検出器、温度センサーや透明な光電応答膜の研究を開始した。これらは金属-絶縁体-金属の積層デバイス構造をベースとした赤外線完全吸収体(infrared perfect absorber)や、透明導電性酸化物-絶縁体-透明導電性酸化物を用いた広帯域光検出材料を開発した。特に前者は波長選択型赤外線検出素子として、その狭帯域な特性を利用すれば、たとえばサーモグラフィなどの素子へと応用することで、 0.1°C 程度の精度を見込める。また、2番目のテーマとして、太陽光スペクトラムにほぼ一致した吸収波長帯域を持つナノ光熱変換材料を提案し、その利用法について提案を行った。この様な材料は入射した太陽光の93%以上を熱エネルギーに変換することが可能であり、水蒸留への利用や、適切な熱媒と組み合わせることで小型軽量の集熱回路などへの応用の可能性を持つ。

[論文]

- 1) Thang Duy Dao¹, Kai Chen, Satoshi Ishii¹, Akihiko Ohi, Toshihide Nabatame, Masahiro Kitajima, and Tadaaki Nagao, submitted to ACS Photonics
- 2) Thang Duy Dao, Gui Han, Nono Arai, Toshihide Nabatame, Yoshiki Wada, Chung Vu Hoang, Masakazu Aono and Tadaaki Nagao, "Plasmon-mediated photocatalytic activity of wet-chemically prepared ZnO nanowire arrays," *Phys. Chem. Chem. Phys.* 17, 7395-7403, 2015. (DOI: 10.1039/C4CP05843G)
- 3) Kai Chen, Dao D. Thang, Satoshi Ishii, Ramu P. Sugavaneshwa, Tadaaki Nagao, "Selective patterned growth of ZnO nanowires/nanosheets and their photoluminescence properties," *Optical Materials Express* 5, pp353-360.(DOI:10.1364/OME.5.000353)