

## 【基盤研究(S)】

### 理工系(工学)



## 研究課題名 ヘテロ接合型人工微細構造による赤外エネルギーハーベスタ

物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトゥクス研究

拠点・グループリーダー

ながお ただあき  
長尾 忠昭

研究課題番号: 16H06364 研究者番号: 40267456

研究分野: 材料工学

キーワード: 赤外線、熱輻射、物性、ナノ光学材料

### 【研究の背景・目的】

地上の全ての物体は熱エネルギーを持ち、赤外線を輻射・吸収することで、相互に熱エネルギーを授受している。人工的な表面構造を持つ材料により、熱輻射・吸収のスペクトルを自在に制御することが可能となれば、必要な波長の赤外線だけを放射する光源や、特定の対象物だけに反応するセンサー、廃熱や環境輻射からエネルギーを拾い集めるエネルギーハーベスティングなどへの輻射熱利用が可能となり、省エネルギー化・低炭素化への貢献やセンサー開発への応用が期待される。

そこで、本研究では、熱物性の本質に関わり赤外電磁波と強く混成しうるフォノン現象、局在赤外プラズモン、低エネルギー電子励起などに注目し、これらの励起メカニズムと相互間のエネルギー移動を解明し、変換効率を人工的に高めた赤外光共振器やナノ接合構造の開発のための材料選択・設計の指導原理を構築する。

たとえば、金属-半導体接合型ポラリトン共振構造を介して電子励起・フォノン励起間のエネルギー移動を最適化し、赤外線を高効率に輻射、あるいは捕集し、エネルギー変換するための材料科学的方法論を開拓する。優れた赤外吸収・輻射特性を持つ金属・金属性化合物、半導体とを組み合わせ、赤外プラズモンポラリトン-赤外光電子励起-フォノンの間のエネルギー輸送効率を向上し、高い効率をもつエネルギー変換デバイスやシステムの創成を目指す。

### 【研究の方法】

マイクロ・ナノスケールの微細構造をもつ物体の吸収や輻射スペクトルは、構造を適切に設計することによって黒体の吸収や輻射スペクトルから大きく変化させることができ、目的に応じた機能を持たせることができる。このような人工微細構造におけるエネルギー伝達や減衰を発光分光、超高速分光、顕微赤外吸収・近接場顕微分光により調べる。その知見を元に、形状最適化・材料選択・損失低減への指針を構築する。狭ギャップ半導体、あるいは界面電子状態や欠陥を用いて、赤外光を利用しやすい電気や近赤外光の形に変換するための新たなエネルギー変換の方法論を探索し、この方法論を上記のナノ・マイクロスケールの微細構造の設計に組み込むことで、高感度なセンサー素子や、高効率なエネルギー

ハーベスタのためのプロトタイプシステムを開発する。

### 【期待される成果と意義】

材料内部の熱・電気エネルギーが材料表面・界面において別形態のエネルギーに変換される過程についての研究が進み知的基盤が整備される。特に熱輻射エネルギーが高効率に電気エネルギーに変換される、あるいはその逆過程である、熱が電磁波として外へ放射する過程を人工的に制御し利用する方法論ができると期待できる。その結果、波長選択型の高効率な赤外センサー、太陽光や廃熱による輻射光を利用した発電などの実現可能性が高まり、センサーネットワークにおける自己給電や環境発電などの創エネルギー材料・システムの創成に繋がることが期待できる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S. Ishii, S.R. Pasupathi, T. Nagao, "Titanium Nitride Nanoparticle as Plasmonic Solar Heat Transducers," *J. Phys. Chem. C* **120**[4], 2343-2348 (2016).
- T. Dao, K. Chen, S. Ishii, A. Ohi, T. Nabatame, M. Kitajima, and T. Nagao, "Infrared perfect absorbers fabricated by colloidal mask etching of Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al trilayers," *ACS Photonics* **2**, 964-970 (2015).
- K. Chen, T. Dao, S. Ishii, M. Aono, and T. Nagao, "Infrared aluminum metamaterial perfect absorbers for plasmon-enhanced infrared spectroscopy," *Advanced Functional Materials* **42**, 6637-6643(2015)

### 【研究期間と研究経費】

平成 28 年度-32 年度 141,400 千円

### 【ホームページ等】

[http://samurai.nims.go.jp/NAGAO\\_Tadaaki-j.html](http://samurai.nims.go.jp/NAGAO_Tadaaki-j.html)

[NAGAO.Tadaaki@nims.go.jp](mailto:NAGAO.Tadaaki@nims.go.jp)