

「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

H25 年度  
実績報告

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

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、欠陥、ナノ構造に起因する電磁場応答現象をベースに、熱線に対する高い遮断・吸収特性や、高い波長選択応答特性を持つコーティング材料や赤外線輻射材料を開発するための学理・方法論を構築する。本研究では、2DEG 赤外シートプラズモン材料開発の方法論開拓と材料探索を集中的に行う「赤外シートプラズモン材料開発」ステージと、開発した材料を高効率熱エネルギー利用に応用する「赤外電磁場制御」ステージとに分け、研究を進める。H25年度は、本研究を遂行するための基礎となる装置導入とチーム内の研究協力関係を整備し、研究をスタートした。具体的には、「赤外シートプラズモン材料開発」ステージにおける研究基盤の整備を行うため、ホール抵抗測定装置や広帯域赤外分光器などを導入し、貴金属であるAuやAg、廉価な金属であるAlの赤外プラズモンデバイスを製作し、研究チーム内で既に開発済みの材料を利用しながら測定評価の為に基盤整備を行った。また、セラミックス材料探索の導入として、透明電極材料である酸化インジウム錫と共に酸化ルテニウムRuO<sub>2</sub>のスパッタによる成膜条件の最適化と、これらの薄膜材料をベースに、フォトリソグラフィ、電子線リソグラフィを用いた周期ナノ構造の製作に着手した。並行して湿式法を用いた酸化物ヘテロ構造の製作に着手し、n型酸化亜鉛-p型酸化チタンを接合したナノワイヤーコア・シェル型ヘテロ接合デバイスを製作し、可視・赤外応答性の無い高感度紫外検出器として動作することを確認した。受光感度は 250A/W であり、これは、酸化亜鉛ナノワイヤーをベースとした検出器としては世界最高クラスの性能である。この研究により、酸化物3次元構造上に数ナノメートルレベルの厚さを持つ、ピンホールフリーな酸化物ナノラミネートを施す手法を確立できた。続いて、同様の湿式製膜によって導電性ナノスケール薄膜の製作が可能かどうか、また、材料のバラエティーを広げることが可能かどうかを検討し、RuO<sub>2</sub>やITOにおいて製膜条件の探索を開始した。その後、スパッタ蒸着による製法を中心に、RuO<sub>2</sub>による赤外線吸収デバイスの設計と製作に着手した。その間、ALD法を用いた材料開発を開始し、TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を製膜することにより、ヘテロ界面にシートキャリア濃度  $2.0 \times 10^{12}$  [1/cm<sup>2</sup>]程度を持つ2次元電子系の形成とその電荷によるシートプラズモンに起因すると考えられる赤外吸収を見出した。H26年度は引き続き研究設備の導入を進めながらこれらの研究を継続する。そしてこのステージで新たに開発した導電性セラミックスや界面シートプラズモン材料の基礎物性を解明し、データを蓄積し、デバイス構造開発の基礎を整える。

## §3. 成果発表等

### (3-1) 原著論文発表

#### 論文詳細情報(国際)

1. Dequan Liu, Xi Wang,\* Deyan He,\* Duythang Dao, Tadaaki Nagao,\* Qunhong, Weng, Daiming Tang, XuebingWang, Wei Tian, Dmitri Golberg, and Yoshio Bando, “Magnetically Assembled Ni@Ag Urchin-Like Ensembles with Ultra-Sharp Tips and

Numerous Gaps for SERS Applications,”

Small, (in peress).

2. Zhenxing Li, Thang Duy Dao, Tadaaki Nagao and Masahiko Yoshino,

“Optical properties of ordered dot-on-plate nano-sandwich arrays,”

Microelectronic Engineering (in press).

3. T. D. Dao, C. T. T. Dang, G. Han, C. V. Hoang, W. Yi, V. Narayanamurti, and T. Nagao,

“Chemically synthesized nanowire TiO<sub>2</sub>/ZnO core-shell p-n junction array for high sensitivity ultraviolet photodetector,”

Applied Physics Letters 103, pp193119-1 -5, 2013. (DOI:10.1063/1.4826921)

4. Do Dang Trung, Nguyen Duc Hoa, Pham Van Tong, Nguyen Van Duy, D. Dao, C. Hoang, T. Nagao, Nguyen Van Hieu,

“Effective decoration of Pd nanoparticles on the surface of SnO<sub>2</sub> nanowires for enhancement of CO gas-sensing performance,”

J. Hazard. Mater. 265, pp124-132, 2014 (DOI:10.1016/j.jhazmat.2013.11.054)