

平成22年5月15日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2011

課題番号：19051007

研究課題名（和文）配列ナノ空間物質を利用した量子・メソスコピックデバイス

研究課題名（英文）Development of mesoscopic devices using natural nanostructures

研究代表者

神谷 利夫 (KAMIYA TOSHIO)

東京工業大学・応用セラミックス研究所・准教授

研究者番号：80233956

研究代表者の専門分野：材料科学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 応用物性・結晶工学

キーワード：名の構造結晶、メソスコピックデバイス、C12A7、ナノ加工技術、電荷輸送

## 1. 研究計画の概要

酸化物結晶には、ゼオライトやC12A7に見られる0次元ドット構造、アパタイトなどに見られる1次元トンネル型構造、多くの複酸化物に見られる2次元層状構造など、サブナノメートルから数十ナノメートルサイズの周期構造を持つものが多く存在する。これら物質に含まれる自然ナノ構造を利用して、量子サイズ効果、単一電子帯電効果に起因する現象の確認および電子デバイスの開発を行うことを目的とする。

この目的を達成するため、本研究では、ナノ構造材料の探索、材料に適したナノ加工技術の開発、ナノデバイス構造の提案と作製、および光・電子特性評価を行う。

## 2. 研究の進捗状況

- (1) ナノかご構造を持つC12A7:e-を用いたナノワイヤについて、キャリア濃度制御技術を確立した
- (2) C12A7:e-を用いたナノワイヤトランジスタの作製技術を確立した
- (3) C12A7:e-を用いたナノワイヤトランジスタについて、トランジスタ動作を確認した
- (4) C12A7:e-を用いた抵抗スイッチング素子を作製し、動作を確認した
- (5) 第一原理計算により、層状構造を持つSrFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>を水蒸気暴露した際の超伝導発現がFeやSr欠損に関連するとの知見を得た
- (6) 第一原理計算により、層状構造を持つMnP含有化合物について磁気構造、不純物・欠陥構造の理論的研究を行い、MnP層間距離により磁気相互作用が異なるこ

と、P位置酸素不純物が安定であるなどの知見を得た

## 3. 現在までの達成度

- ① 当初の計画以上に進展している（理由）

当初目的としていたC12A7:e-を用いたデバイスについて、トランジスタ動作まで確認できたことは当初の計画通りであった。一方、試しに行った抵抗変化メモリー素子についても動作を確認できたことは当初の予定にない。また、SrFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>が水蒸気暴露で超伝導を示すということも計画当初では知られていなかった現象であり、これらに対しても理論計算から重要な知見を得られた。

## 4. 今後の研究の推進方策

- (1) C12A7:e-トランジスタの動作について解析をおこない、動作特性の改善と低温での動作評価を試みる。
- (2) C12A7:e-抵抗変化メモリーの動作機構を明らかにする
- (3) 必要に応じて他のナノ構造材料の理論的研究を継続する
- (4) ナノ構造物質の合成安定性を理論計算から予測する手法を開発する

## 5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

[雑誌論文] (計8件)

- ① Y. Adachi, S.-W. Kim, T. Kamiya, and H. Hosono, Bistable resistance switching in

surface-oxidized  $\text{C12A7:e}^-$  single-crystal, Mater. Sci. & Eng. B **161**, 76-79, 2009, 査読有

- ② Y. Nishio, K. Nomura, M. Miyakawa, K. Hayashi, H. Yanagi, T. Kamiya, M. Hirano, H. Hosono, Fabrication and transport properties of  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C12A7}$ ) electrified nanowire, phys. stat. solidi (a) **205**, 2047-2051, 2008, 査読有
- ③ S. Matsuishi, S.W. Kim, T. Kamiya, M. Hirano and H. Hosono, Localized and Delocalized Electrons in Room-Temperature Stable Electride  $[\text{Ca}_{24}\text{Al}_{28}\text{O}_{64}]^{4+}(\text{O}^{2-})_{2-x}(\text{e}^-)_{2x}$ : Analysis of Optical Reflectance Spectra, J. Phys. Chem. **C112**, 4753-4760, 2008, 査読有
- ④ M Miyakawa, N. Ueda, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, Novel room temperature stable electrified  $12\text{SrO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  thin films: fabrication, optical and electron transport properties, J. Ceram. Soc. Jpn. **115**, 568-570, 2007, 査読有.
- ⑤ M. Miyakawa, M. Hirano, T. Kamiya and H. Hosono, High electron doping to a wide band gap semiconductor  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  thin film, Appl. Phys. Lett. **90**, 182105-1-3, 2007, 査読有

[学会発表] (計 10 件)

- ① Toshio Kamiya, Hiroshi Yanagi, Takumi Watanabe, Masahiro Hirano, and Hideo Hosono, Electronic structures of Mn-based layered crystals:  $\text{LaMnPnO}$  and  $\text{BaMn}_2\text{Pn}_2$ , 3rd International Symposium on Science and Technology of Advanced Ceramics, 2009/6/18, Yokohama, Japan
- ② Yutaka Adachi, Sung-Wng Kim, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono, Bistable resistance switching in single crystal

$\text{C12A7:O}^{2-}$ , STAC-STSI, 2008/5/31, Chiba, Japan

- ③ Yukimasa Nishio, Kenji Nomura, Hiroshi Yanagi, Toshio Kamiya, Masahiro Hirano and Hideo Hosono, Short-channel nanowire transistor using a nanoporous crystal semiconductor  $12\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , 3rd International Symposium on Science and Technology of Advanced Ceramics, 2009/6/16, Yokohama, Japan
- ④ Toshio Kamiya, Hidenori Hiramatsu, Takayoshi Katase, Masahiro Hirano, and Hideo Hosono, Impurities in FeAs-based superconductor,  $\text{SrFe}_2\text{As}_2$ , 3rd International Symposium on Science and Technology of Advanced Ceramics, 2009/6/16, Yokohama, Japan
- ⑤ 西尾幸真、野村研二、宮川仁、柳博、神谷利夫、細野秀雄、導電性  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3:\text{e}^-$  の低温酸化によるキャリア制御とナノワイヤトランジスタ, 薄膜材料デバイス研究会 第5回研究集会、2008/10/31, 奈良

[その他]  
ホームページ  
<http://www.khlab.msl.titech.ac.jp/>