

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－ドイツ研究交流）

1. 研究課題名：「固体電解質スイッチ動作における電荷移動と交換に関する研究」
2. 研究期間：平成20年10月～平成24年3月
3. 支援額： 総額 19,000,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

| | 氏名 | 所属 | 役職 |
|-------------|--------------|----------------------------------|---------|
| 研究代表者 | 長谷川 剛 | 独立行政法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | 主任研究者 |
| 研究者 | 寺部 一弥 | 独立行政法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | MANA研究者 |
| 研究者 | 鶴岡 徹 | 独立行政法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | MANA研究者 |
| 研究者 | 大川 祐司 | 独立行政法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | MANA研究者 |
| 研究者 | Alpana Nayak | 独立行政法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | ポスドク研究員 |
| 研究者 | 児玉 奈木沙 | 独立行政法人物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 | 研究業務員 |
| 参加研究者 のべ 6名 | | | |

ドイツ側（研究代表者を含め6名までを記載）

| | 氏名 | 所属 | 役職 |
|-------------|------------------|----------|-------|
| 研究代表者 | Rainer Waser | アーヘン工科大学 | 教授 |
| 研究者 | Ulrich Bottger | アーヘン工科大学 | 主任研究者 |
| 研究者 | Ilia Valov | アーヘン工科大学 | 主任研究者 |
| 研究者 | Stefan Menzal | アーヘン工科大学 | 大学院学生 |
| 研究者 | Rene Thelen | アーヘン工科大学 | 技術員 |
| 研究者 | Ina Sapezanskaia | アーヘン工科大学 | 大学院学生 |
| 参加研究者 のべ 6名 | | | |

5. 研究・交流の目的

本研究・交流では、省エネルギー化に適した不揮発性素子で微細化にも適している固体電解質スイッチについて、その動作メカニズムの詳細を原子スケールで解明することを目的とした。固体電解質スイッチは本研究・交流の日本側チームが開発した素子であり、素子作製や動作特性評価で世界をリードしている。一方、ドイツ側チームは動作メカニズムの解明に不可欠な電気化学計測などの技術で世界をリードしている。本研究・交流を通じて日独が相互的に取り組むことで、次世代デバイス候補のひとつである固体電解質スイッチの実用化に貢献することが期待された。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

固体電界質スイッチの動作特性評価を進める過程で、従来知られていなかった現象を見いだした。その現象を利用することで、人間の脳におけるシナプスの特徴である「感覚記憶」、「短期記憶」、「長期記憶」に対応する動作を単体の固体電解質スイッチを用いて実現した。従来シナプスの動作は複数の素子を用いた回路で実現していたが、本成果は、新たな脳型コンピュータの開発に貢献するものと期待される。

また、超イオン伝導体にわずかに不純物を添加することで、超イオン伝導体としての特性はそのままに電子伝導性を発現させることに成功した。その結果、観察にわずかな電子伝導性を必要とする走査型トンネル顕微鏡観察が可能となり、超イオン伝導体表面の原子配列構造を観察することに初めて成功した。これにより、固体電解質スイッチ動作における電荷移動と交換に関する原子スケールでの解析を行い、固体電解質スイッチの実用化に向けた新たな知見を得た。

6-2 人的交流の成果

本研究・交流では、相互に研究者を派遣することで、ひとつの研究項目・試料について共同で実験を行う取り組みをした。一緒に実験を行うことで認識を一にできることに加えて、それぞれが得意とする技術を相手側に伝授することで、より一層の相乗効果を得ることができた。具体的には、ドイツ側から2名の学生が来日し実験を行った。日本からは1名の研究員をドイツに派遣し、共同実験を行った。このほか、進捗報告や討論を目的とするワークショップ、相互訪問の機会を持った。これらの成果は、日独の共著の論文などとして結実した。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手国側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

| 論文 or 特許 | ・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等 | 備考 |
|----------------|---|----|
| 論文 | T. Ohno, T. Hasegawa, T. Tsuruoka, K. Terabe, J. K. Gimzewski and M. Aono, 'Short-term plasticity and long-term potentiation mimicked in single inorganic synapses', <i>Nature Materials</i> , 10(8) , 591-595 (2011). | |
| 論文 | I. Valov, I. Sapezanskaia, A. Nayak, T. Tsuruoka, T. Bredow, T. Hasegawa, G. Staikov, M. Aono, R. Waser, 'Atomically controlled electrochemical nucleation at superionic solid electrolyte surfaces', <i>Nature Materials</i> , in press. | 共著 |
| 論文 | T. Tsuruoka, K. Terabe, T. Hasegawa, I. Valov, R. Waser, M. Aono, 'Effects of Moisture on the Switching Characteristics of Oxide-Based, Gapless - Type Atomic Switches', <i>Advanced Functional Materials</i> , 22 , 70-77 (2012). | 共著 |
| 論文 | A. Nayak, T. Tamura, T. Tsuruoka, K. Terabe, S. Hosaka, T. Hasegawa, M. Aono, 'Rate-limiting processes determining the switching time in a Ag ₂ S atomic switch', <i>Journal of Physical Chemistry Letters</i> 1(3) , 604-608 (2010). | |
| 論文 | A. Nayak, T. Tsuruoka, K. Terabe, T. Hasegawa, M. Aono, 'Theoretical investigation of kinetics of a Cu ₂ S-based gap-type atomic switch', <i>Applied Physics Letters</i> , 98(23) , 233501 (2011). | |