

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 機能性酸化物を用いた界面相転移スイッチングデバイスの開発

2. 研究代表者： 秋永 広幸 ((独) 産業技術総合研究所 副研究センター長)

3. 研究概要

10^{23} 個/cm³ もの電荷が存在するにもかかわらず強い電子相関によって動けなくなっている強相関絶縁体に関して、電場、磁場、光などの微小な外場変調により、電気的、磁氣的、光学的特性の大きな変化をともし電子相転移を示し、超伝導や強磁性などの機能を発現することが知られている。このような大量の電荷が関与する相転移現象は、原理的にはナノメートル・オーダーまで微細化しても発現する現象であるため、この相転移現象をトランジスタに応用できれば、CMOS の微細化限界とされるゲート長が 10 nm 以下のスケールでもその動作を実現できる可能性がある。本研究課題では、機能性酸化物材料の界面相転移の基礎的な現象を探索するため、

1. 金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御

2. 界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

の二つのテーマを並行して進めた。テーマ 1 では、界面に電界印加あるいは電流を流して、ダイオード素子の極性の反転制御を目指す。テーマ 2 では、強相関酸化物界面において、強相関電子系に特有の相転移を外場により誘起し、スイッチ機能を制御することを目指す。さらに三端子デバイスの動作を実証する。また、計算グループは第一原理計算を駆使して、遷移金属酸化物の相制御の可能性を探索し、適合する材料選択やそれらの物性予測に寄与するために進める。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

強相関酸化物を用いたトランジスタの動作検証を先行させた結果、金属・絶縁体相転移が外部電界で制御できる可能性を世界に先駆けて成功したことは高く評価したい。強相関酸化物の新機能素子への展開としてオリジナリティの高い研究であり、国際的な先陣争いでリードしている。原著論文 18 件や招待講演 16 件などの学術的成果も挙げられ、特許出願においても国内 3 件、海外 2 件と対応している。ドーピングしたキャリアがチャンネルに均一に分布すると解釈できる結果など、物理的に興味深い新たな展開もあり、これからより多くの成果も期待できる。また、室温でスイッチ動作の可能性を示したことも成果の 1 つである。一方、将来技術としてのインパクトやポテンシャルを議論するまでには至らず、テーマ 1 はテーマ 2 との関連付けやデバイスの優位性が余り明確にされていないが、当初計画が順調に進捗していると判断している。

研究実施体制としては、3 グループの明確な役割分担があり、研究者間で密な連携が進められている。目的を実現するための研究戦略も柔軟に見直されるなど、研究代表者のリーダーシップの適切性が感じられる。しかしながら、現段階では理論グループのより具体的な貢献がまだ不明瞭であり、今後理論グループによる適合する材料選択やそれらの物性予測などに注力を期待する。

4-2. 今後の研究に向けて

非常にチャレンジングなテーマであり、当面は本質的な性能優位性を原理実証することに力点を置きたい。特に、強相関酸化物チャンネル層における電場誘起キャリアの均一な深さ方向分布や不揮発機能の発現(履歴特性)などの課題について、科学的なアプローチをしっかりと進める必要がある。

イオン液体を用いた電気二重層による強相関制御の実証の成功は高く評価できるが、これを固体化する見通しをつけたい。Phase Change-FET は、Steep Slope の低消費電力用素子としても有望と思われ、最近の研

究進捗をベースにメカニズムの理解とそれを踏まえたデバイス構造の提案、実証などを強化したい。

4-3. 総合的評価

挑戦的な課題に対し、研究アプローチや資源アロケーションなどを工夫し、オリジナリティの高い強相関材料を用いた新しいデバイスの実現可能性を示したことは高く評価できる。残りの研究期間では、次世代デバイスの候補として期待される特性(室温動作、ON-OFF 比、**Steep-Slope** の可能性、不揮発維持特性など)で優位性・新規性の検証を行う必要がある。