

研究課題別事後評価結果

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. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

秋永 広幸 (独)産業技術総合研究所ナノデバイスセンター センター長

主たる共同研究者

石橋章司 独立行政法人産業技術総合研究所 ナノシステム研究部門 研究グループ長

赤穂博司 独立行政法人産業技術総合研究所 評価部 首席評価役

3. 研究実施概要

酸化物半導体や強相関酸化物では、外場印加により金属-絶縁体状態の相転移が生じる。この相転移のスイッチング現象を3端子素子として適用できるならば、CMOSの微細化限界とされるゲート長が10nm以下の新構造デバイスの候補として期待される。本研究課題では、

- 1, 金属/遷移金属酸化物界面の電子状態変化を利用したスイッチ機能の開発
- 2, 強相関物質の界面における相転移を利用したスイッチ機能の開発
- 3, 上記原理を利用した3端子素子の動作実証

の3つのテーマを、理論及び実験グループの連携により進める。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

電圧印加による強相関物質の抵抗変化を利用した3端子素子(Mottトランジスタ)に関しては、イオン液体を用いたゲート構造であるものの、世界トップレベルの $10^3\sim 10^5$ のオン・オフ比と室温動作に成功したことは注目できる。また、遷移金属酸化物の界面物性を制御する素子(Redoxトランジスタ)では、アニールプロセスの改善により大きなオン・オフ比の確認ができた点も評価できるが、印加電圧の大きさ、切替え急峻性など、微細化デバイスとしての課題は残る。オリジナリティの高さや開発リソースの多さからすると、より多くの原著論文や特許出願が期待できたはずである。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

酸化物半導体および強相関物質の物性制御とそのLSI応用は極めてチャレンジングなテーマであり、成功すれば科学技術的および産業応用的インパクトは極めて大きい。特異な物性挙動や新たに見つかる現象などの本質的理解は不十分であるものの、優先課題を設定し直し、担当者の努力によってプロセス開発を進め3端子動作実証に到達できたことは、評価する。理論グループが推進した第一原理材料シミュレータQMASについては、今後の活用が大いに期待ができる。

4-3. 総合的評価

新材料を使いこなすには、構造制御や物性制御に関する膨大なデータの蓄積が不可欠であり、加えて物性評価手法やデバイス試作の難易度も高い。このような状況の中で強相関物質を用いた新デバイス動作原理を提案した高い目標に対して、強相関物質科学およびその制御法開発に一定の進展は認められる。しかしながら、現状では集積化システムにおける3端子素子としてのポテンシャルを示すに至っておらず、本戦略目標との整合性を見据えて、新たな展開方針が必要と思われる。