

国際科学技術協力基盤整備事業 日本-台湾研究交流

「AIシステム構成に資するナノエレクトロニクス技術」領域 事後評価報告書

1 共同研究課題名

「HfO₂ 強誘電体を用いた機能性トランジスタの開発」

2 日本一相手側研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

浅沼 周太郎(国立研究開発法人産業技術総合研究所 デバイス技術研究
部門 主任研究員)

台湾側研究代表者

張廖 貴術(国立清華大学 システム科学工学部 教授)

3 研究概要及び達成目標

本研究交流は、HfO₂ 系強誘電体薄膜の新機能開拓とそのトランジスタ集積技術を共同で研究開発することで、AI システムの実現に不可欠な機能性トランジスタの基盤技術構築を目的とした。日本チームは HfO₂ 系強誘電体の耐久性向上や低電圧動作などの材料・成膜プロセス設計を中心に研究を進め、台湾チームは日本チームが開発した材料技術を取り入れてデバイス試作評価を並行して進めることとした。これによって、HfO₂ 系強誘電体トランジスタのメモリ動作電圧を 1V に低減すること、および書き換え性能を 10¹² 回以上とすることを目標とした。

4 事後評価結果

4.1 研究成果の評価について

4.1.1 研究成果と達成状況

日本チームが行った HfO₂ 系強誘電体薄膜材料の研究については、優れた成果が得られている。HfO₂とZrO₂のラミネート構造によりZrO₂を結晶核として用いることによる結晶化温度の低減、電極形成前の強誘電体薄膜表面のプラズマ酸化による書き換え耐性向上の発見など、強誘電体デバイス技術として有用な多くの知見を得、材料開発指針を明確化した。加えて、HfO₂ に複数元素を共添加した新しい強誘電体材料を提案し、10¹⁰ 回の書き込み・消去でも劣化が見られない優れた特性を実証しており、強誘電体材料設計の点でも、価値が高い。これらの成果により、日本チームは5報の論文発表と12件の学会発表を行った。その内の一つは2022年度応用物理学会論文賞に選定された。

しかし、コロナ禍による影響が台湾側で大きく、デバイス試作の回数が制限されてしまったために、トランジスタの特性検証に至らなかったのは残念である。

4.1.2 国際共同研究による相乗効果

日本側の強誘電体成膜と界面制御に関する研究には顕著な進展があり、台湾側とも相互の情報交換が進んだ点は評価できる。しかし、それを受けてトランジスタ

を作製・評価する台湾側の研究が、期待通りには進まず、これまでの時点では、国際共同研究の相乗効果を上げるまでには至っていない。

4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

HfO₂系強誘電体薄膜を用いてメモリ機能を有するトランジスタを開発し、それを集積して高効率なAIシステムを実現する目標は、活発な研究の対象となっているが、未だに多くの課題を残している。本研究の強誘電体材料についての成果は、材料プロセスについて解決策となる知見を提供している。このような材料研究は日本に優位性のある分野で、台湾との協力強化に資するところがあったと評価できる。

4.2 相手側研究機関との協力状況について

本事業の終了後も、日本側が発見した新材料も対象として、強誘電体トランジスタの共同研究開発を日台間で継続する予定である。人材育成も含めて今後の進展を期待する。

4.3 その他

日本側が材料の開発と成膜を、台湾側がデバイス試作評価を行うとの明確な役割分担に基づく計画だったために、コロナ禍による影響を強く受けてしまった。やむを得ないところが大きいものの、今後の共同研究の効率化のために、双方の有機的な役割分担など研究計画の見直しを検討してみる価値がある。

以上