

日本－米国 国際共同研究「半導体分野」 2023 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	スピントロニクス確率論的コンピュータの大規模化に向けた材料・素子・回路・アルゴリズム融合研究
研究課題名（英文）	Material/Device/Circuit/Algorithm Comprehensive Research for Large-Scale Spintronics Probabilistic Computer
日本側研究代表者氏名	深見 俊輔
所属・役職	東北大学電気通信研究所・教授
研究期間	2023 年 4 月 1 日 ～ 2024 年 1 月 31 日

1. 研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
深見 俊輔	東北大学・電気通信研究所・教授	日本側研究代表者 材料・素子研究開発
金井 駿	東北大学・電気通信研究所・准教授	日本側共同研究者 材料・素子研究開発
Kerem Camsari	University of California, Santa Barbara・Electrical and Computer Engineering・助教	米国側研究代表者 回路・アルゴリズム研究開発
Shuvro Chowdhury	University of California, Santa Barbara・Electrical and Computer Engineering・ポスドク	米国側共同研究者 回路・アルゴリズム研究開発

2. 研究目標及び計画概要

大規模スピントロニクス確率論的コンピュータの実現に向け取り組むべき全体課題を各階層での詳細な研究開発計画へと落とし込み、検討を開始する。材料・素子研究開発については緩和時間の統計的データの取得、温度依存性の測定と解析、起源の考察などに取り組む。

回路・アルゴリズム研究開発については物理乱数を用いる場合と疑似乱数を用いる場合での演算性能や回路面積、消費電力を比較し、本方式が優位となるアプリケーションや効果的な利用方法に関する知見を得る。

3. 研究実施概要

大規模スピントロニクス確率論的コンピュータの実現に向け取り組むべき全体課題を各階層での詳細な研究開発計画へと落とし込み、検討を開始した。材料・素子研究開発については、① 確率論的コンピュータを構成する確率ビットにおいて主たる役割を担う超常磁性磁気トンネル接合の諸特性の温度依存性を評価してその物理的機構を明らかにし、また② ダブルフリー層構造、ダブル SAF フリー層構造の超常磁性磁気トンネル接合について実験、計算を行い、その特徴を調べた。回路・アルゴリズム研究開発については、③ スピントロニクス確率ビットを用いた順方向型ニューラルネットワークに基づく演算方式の開発と動作実証、④ 少数スピン素子と決定論的 CMOS 回路を組み合わせたヘテロロジーニアスアーキテクチャの開発と動作実証、などに関する成果を得た。

4. 持続的な国際ネットワーク構築・参画・拡大のための実施計画概要

PI 以下の担当者間の交流機会を積極的に設け、学術的、文化的、人間的な相互理解、信頼関係を構築する。相手国側研究代表者を含めた研究チームメンバーを日本側に迎えて共同研究の進め方について具体的な打ち合わせを行う。5~7 月にかけては日本側の学生が共同での実験に用いるサンプルを作製し、夏から秋にかけては日本側の若手研究者と学生が相手国側研究機関に渡航し、簡易的な共同での実験を行う。これによって今後の中規模デモ実証に向けた課題を抽出する。加えて国際会議での研究成果発表を通して、コミュニティとの成果の共有、情報交換を通して研究開発のネットワークの拡大に努める。

5. 持続的な国際ネットワーク構築・参画・拡大のための実施概要

日本国側研究者、学生の相手国側への派遣による研究打ち合わせや共同での実験、及び相手国側研究者、学生の日本国側への派遣による研究打ち合わせや共同での実験を通し、上記の研究成果を得た。加えて、2023 年 11 月 30 日から 12 月 1 日にかけては、日本国側代表者が議長を務めるかたちで東北大学にて 20th RIEC International Workshop on Spintronics と題した国際ワークショップを開催し、計 292 名の参加者を集めた。当ワークショップには国内に加え、シンガポール、韓国、米国、スウェーデン、中国、ポーランド、ドイツ、フランスからの計 17 名の招待講演者を招待し、スピントロニクスの材料科学的な側面と電子工学的な側面を融合し、新規材料や物理現象に関する研究と高性能・省エネ情報デバイス応用に関する研究の接点にて深い議論が展開されるようプログラムを編成した。