

情報担体を活用した集積デバイス・システム  
2020 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書
------------------

高木信一

東京大学 大学院工学系研究科  
教授

強誘電体分極と電荷の相互作用を利用した新デバイス・システム

## § 1. 研究成果の概要

「強誘電体素子による新コンピューティング技術」に関し、FeFET を用いたリザバーコンピューティングの性能向上のため、入力ゲート電圧の周波数依存性を調べ、チャンネル電流に加え高周波では充放電電流もコンピューティング性能に寄与していることを明らかにした。また、Dynamic Vision Sensor をモチーフに動画像のイベントデータの取得を行い、データの解析システムを開発した。また、漏れ積分素子に向けて  $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$  (HZO) を障壁層とする強誘電トンネル接合 (FTJ) の開発を進め、HZO 障壁層が 2.4 nm の FTJ において、LI 機能に必要な抵抗スイッチングを実証した。

「強誘電体メモリ・ロジック技術」に関し、バックエンド工程で実現可能な FeRAM 向け HZO MFM メモリに関し、4nm 程度に薄膜化し wake-up を施すことで、良好な強誘電体特性が実現でき、1V 以下で動作する可能性が示された。また、MFM キャパシタを用いたゲインセル型の学習システムの基礎検討を行った。更に、電圧を印可せずに評価が可能な正圧電応答を用いた解析により、HZO 膜中の欠陥がインプリント現象の主要因となっていることを示した。

「強誘電体材料・評価技術」に関し、Si 基板上の Hf 系強誘電体薄膜のエピタキシャル成長の成長過程を調べ、(111)及び(001)基板上でエピタキシャル成長可能であることを明らかにした。分極ドメインの時間発展の評価に向け、時間分解第二次高調波 (SHG) 測定系を構築し、HZO (20 nm) /ITO/SiO<sub>2</sub>/Si 積層構造の測定から、主に HZO 層に起因する SHG 光を検出できることを実証した。また、正圧電効果を用いた方法を適用して、10 nm 厚の HZO 薄膜の圧電定数  $e_{31,f}$  がおよそ  $-0.4 \text{ C/m}^2$  であることを世界で初めて明らかにした。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 高木グループ

- ① 研究代表者: 高木 信一 (東京大学 工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 強誘電体素子による新コンピューティング技術
  - ・ 強誘電体メモリ・ロジック技術
  - ・ 強誘電体材料・評価技術

### (2) 竹内グループ

- ① 主たる共同研究者: 竹内 健 (東京大学 工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 強誘電体素子による新コンピューティング技術
  - ・ 強誘電体メモリ・ロジック技術

### (3) 藤村グループ

- ① 主たる共同研究者: 藤村 紀文 (大阪府立大学 電子・数物系専攻 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 強誘電体メモリ・ロジック技術
  - ・ 強誘電体材料・評価技術

### (4) 澤グループ

- ① 主たる共同研究者: 澤 彰仁 (産業技術総合研究所 エレクトロニクス 製造領域研究戦略部・研究企画室長 (兼) 電子光基礎技術研究部門 グループ付)
- ② 研究項目
  - ・ 強誘電体素子による新コンピューティング技術
  - ・ 強誘電体材料・評価技術