

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリシステム
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

竹内 健（東京大学大学院工学系研究科 教授）

主たる共同研究者

安原 隆太郎（ヌヴォトンテクノロジージャパン（株） マニファクチャリングセンター
主幹技師）

内藤 泰久（産業技術総合研究所デバイス技術研究部門 主任研究員）

上野 和良（芝浦工業大学工学部 教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

（以下、2020年度課題事後評価時のコメント）

本研究課題は、デジタルデータを100年以上の長期にわたって様々な環境で保管できる高信頼メモリシステムを開発することが目的である。

デジタルデータの超長期保管は、今後、耐久物のIoT化や重要情報の保存などが進む上で重要になるが、いまだ解決策は確立されていない。本研究課題は、そのような未踏領域の半導体メモリ実現を目指すもので、科学技術的のみならず社会的な価値が高い。

次世代メモリとして注目されているReRAMでは、一万回の書き換え回数と100年の保持性能の両立を達成した。また、長期保管メモリの最大の課題である精度の高い「寿命予測の定量モデル」を確立した。この成果は、大手メモリ製造企業にも認められており、その意義は高く評価される。

コールドストレージ向けフラッシュメモリでは、電荷移動やデトラップなどの不良現象を明確化し、不良現象を抑制する手法を提案した。さらにニューラルネットワークによる制御を導入することで、フラッシュメモリの寿命を10倍以上に延ばすことに成功した。

超長期保管が可能となるナノギャップメモリでは、高融点金属を電極材料にすることで、800℃を超える超高温環境でもデータを保持できることを示した。

超長期保管メモリの実用化の鍵となる配線技術においては、銅の表面の耐湿信頼性を向上するためのグラフェンラップの有効性を実証するとともに、パッドの耐湿性向上に特化し、グラフェン被覆よりも実用的な窒素添加のアモルファスカーボン被膜技術を開発した。

試作メモリデバイスに関しては、研究後半で、微細化、大容量化を行い、現在ファンダリ導入検討を進めており、実用化を促進している。

この領域が目指す、材料技術、プロセス技術、デバイス技術、回路技術、システム技術の各レイヤー間の連携もうまく機能した。

（2021年9月追記）

本課題は、新型コロナウイルスの影響を受け、6ヶ月間期間を延長し、本研究の成果のReRAMの深層学習応用に関してフィジビリティスタディを実施するとともに、ReRAM保管劣化のカギを握る酸素拡散に関する研究とパッド電極の高信頼化に関する研究を進めた。

その結果、ReRAMに適した学習方法、Direct Feedback Alignmentの高効率に学習を行う手法を確立するとともに、酸素拡散につき第一原理計算と実測によりAl添加量に対する酸素原子の拡散エネルギーに関する知見が得られ、高信頼化のための最適なAl添加量が存在していることがわかった。

またパッド電極の高信頼化試験においては、膜厚15nmのa-C:Nをパッド電極に被覆、温度85°C、湿度85%RHの高温高湿保管試験100時間（寿命400年に相当）を実施した結果、試験後もワイヤボンドの電氣的接続が得られ、耐湿信頼性の向上を確認した。

延長により、ReRAMの深層学習応用とReRAM高信頼化に関し貴重な知見が得られ、今後のイノベーションに向けた展開をより一層後押しする成果が得られた。