

竹内 健

中央大学 理工学部  
教授

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

## § 1. 研究実施体制

### (1) 「竹内」グループ (研究機関別)

- ① 研究代表者: 竹内 健 (中央大学理工学部、教授)
- ② 研究項目
  - ・高信頼メモリシステム

### (2) 「安原」グループ (研究機関別)

- ① 主たる共同研究者: 安原 隆太郎 (パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 半導体ビジネスユニット 主任技師)
- ② 研究項目
  - ・長期保管 ReRAM の設計とデバイス実証

### (3) 「内藤」グループ (研究機関別)

- ① 主たる共同研究者: 内藤 泰久 (産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 主任研究員)
- ② 研究項目
  - ・長期保管メモリの材料設計および評価

### (4) 「上野」グループ (研究機関別)

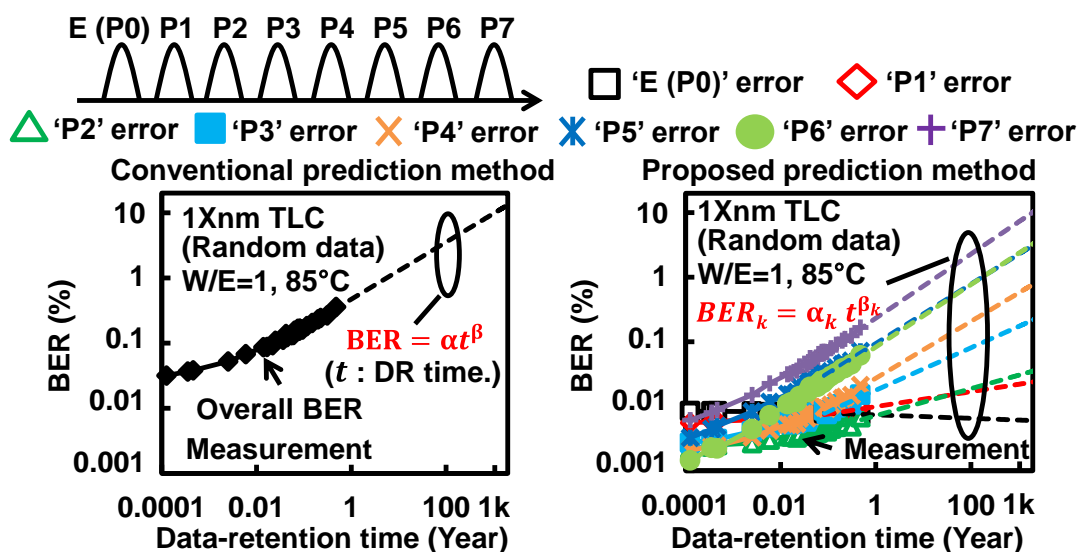
- ① 主たる共同研究者: 上野 和良 (芝浦工業大学 工学部 教授)
- ② 研究項目
  - ・高信頼配線技術

## § 2. 研究実施の概要

デジタルデータを100年以上の長期にわたって保管する高信頼メモリシステムの研究を実施。メモリデバイスとして動作原理の異なる3種類のメモリ(フラッシュメモリ、ReRAM、ナノブリッジメモリ)の検討を始めた。また、メモリの信頼性を限界まで高める信号処理技術にも取り組み、メモリデバイスとの統合システムを開発。更に配線に関しては原子レベルで金属(Cu等)の拡散を防止する不浸透性を実現し、配線の長期の高信頼化を確保する。

平成27年度は長期保管を目指したフラッシュメモリに関して、寿命を高精度に予測する手法[2-1]、機械学習を用いてデータ保持特性の悪いメモリセル(将来不良するメモリセル)を予測し不良が生じるセルを事前にスクリーニングする手法[2-2]、リードディスタープによる不良を高効率に訂正するLDPC符号[2-3]を開発し、2016年4月に開催されるIEEE IRPSに3件の論文が採択された。

特に、長期保存に適したFlexible nLC方式の寿命を高精度に予測する手法を提案した。Flexible nLC方式ではデータ保持不良が最も多く発生する高しきい値状態(P7)のしきい値マージンを確保するためにP6状態を使用しない。また、エラーが大きいVth状態のセル数を減らす変調を掛けることで、信頼性を向上させた。従来のメモリ全体のビットエラー率から外挿する寿命予測では、大きな誤差を生じることを明らかにした。各状態(E~P7のビットエラー率)を外挿してからビットエラー率を合計する予測方法を提案(下図)し、予測精度の向上が可能になった。これにより、単体セルのレベルでは従来から10倍以上の寿命(数10年のレベル)を確保できることが確認された。ただし10ナノメートル世代のフラッシュメモリ、あるいは3次元フラッシュメモリでは、ブロックの間、チップの間で特性の大きなばらつきがあることが予想され、本提案の手法を応用することで、次年度以降により一層の信頼性の改善を目指す。



従来の寿命予測方法(左図)と本提案の寿命予測方法(右図)

[2-1] Tomonori Takahashi, Senju Yamazaki and Ken Takeuchi, "Data-Retention Time Prediction of Long-term Archive SSD with Flexible-nLC NAND Flash," IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), April 2016.

[2-2] Yoshio Nakamura, Tomoko Iwasaki and Ken Takeuchi, "Machine Learning-Based Proactive Data Retention Error Screening in 1Xnm TLC NAND Flash," IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), April 2016.

[2-3] Yoshiaki Deguchi, Tsukasa Tokutomi and Ken Takeuchi, "System-Level Error Correction by Read-Disturb Error Model of 1Xnm TLC NAND Flash Memory for Read-Intensive Enterprise Solid-State Drives (SSDs)," IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), April 2016.