

「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」
平成 27 年度採択研究代表者

H29 年度
実績報告書

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

- 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

- 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)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

- 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

- 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

長期保存 ReRAM に関してはメガビットアレイ TEG を対象に、メモリセルの高信頼回路駆動方式を研究し、書き換え回数に応じて動的に書き込みパルスを最適化する手法を提案した。書き換え回数が少ない時にはベリファイ動作を行い(かつ読み出し時は弱い ECC を印加)、書き換え回数が多い時にはベリファイ動作を省略する(かつ読み出し時は強い ECC を印加)ことで、広い範囲の書き換え回数に対してエラーを最小限にできることを明らかにし、IEEE IMW (International Memory Workshop) 2017 で発表を行った[1]。更に、長期データ保管のために、データ保持特性を向上させることができる、Finalize 書き込み方式を提案し、IEEE IRPS (International Reliability Physics Meeting) 2018 で発表を行った[2]。データ保持を行う直前(最後)の書き込み電圧を高くすることで、伝導フィラメントを形成する酸素欠陥の密度を高め、データ保持特性を向上することに成功した。

[1] Atsuna Hayakawa, Kazuki Maeda, Shouhei Fukuyama, Hirofumi Takishita, Ryutaro Yasuhara, Satoshi Mishima and Ken Takeuchi, “Resolving Endurance and Program Time Trade-off of 40nm TaOx-based ReRAM by Co-optimizing Verify Cycles, Reset Voltage and ECC Strength,” IEEE International Memory Workshop, May 2017.

[2] Shouhei Fukuyama, Kazuki Maeda, Ryutaro Yasuhara, Shinpei Matsuda and Ken Takeuchi, “Suppression of Endurance-stressed Data-retention Failures of 40nm TaOx-based ReRAM,” IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), March 2018.

電極材料に白金を用いたナノギャップ素子について、高温での動作を検証し、基板とのシリサイド化による不良が発生することを見出した。その結果を踏まえて白金電極とシリコン基板の間に接着層としてモリブデン層を設けることにより、(評価装置限界の)900℃までのシリサイド化による不良を防止できることに成功した。

長期保管中の銅配線の故障リスク要因として、耐湿性劣化がクリティカルな要因となることを Failure Tree Analysis (FTA) により明らかにした[1]。また耐湿劣化を防ぐ方法として、銅の表面をグラフェンで覆う方法の原理検証を、高温 CVD により堆積した大粒径グラフェン膜を用いて行い、粒界からの酸化がグラフェン膜の積層によって防止できることを示した[2, 3]。

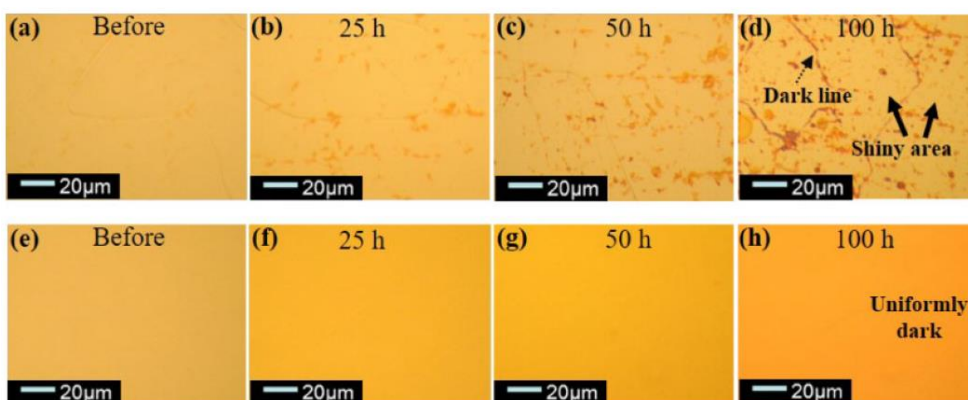


図3. 単層グラフェンで覆った銅表面(上段)と覆っていない銅表面(下段)の高温高湿保管中の酸化による色の経時変化(顕微鏡写真)

[1] S. Yokogawa and K. Kunii; "A survey of critical failure events in on-chip interconnect by using fault tree analysis", Jpn. J. Appl. Phys., in press (2018).

[2] P. Gomasang, T. Abe, K. Kawahara, Y. Wasai, N. Nabatova-Gabain, N. T. Cuong, H. Ago, S. Okada, and K. Ueno, "Moisture barrier properties of single-layer graphene deposited on Cu films for Cu metallization", Jpn.J. Appl. Phys. **57**, 04FC08 (2018).

[3] P. Gomasang, K. Kawahara, H. Ago, and K. Ueno, "Moisture barrier properties of single-layer and double-layer graphene on Cu film, Advanced Metallization Conference 2017: 27 th Asian Session (2017 ADMETA plus).