

# ガンマ線照射によるフローティングゲート型とチャージトラップ型の3D NAND フラッシュメモリの TID 特性の比較

## Comparison of Total Dose Effects on Floating Gate and Charge Trap 3D NAND Flash Memories by Gamma-ray Irradiation

小澤太希  
Taiki Ozawa

小林和淑  
Kazutoshi Kobayashi

古田潤  
Jun Furuta

京都工芸繊維大学  
Kyoto Institute of Technology

### 1 はじめに

人工衛星へ搭載する記憶素子として、大容量、低電力である NAND フラッシュメモリが注目されている。宇宙における半導体の課題である放射線に対する耐性の評価が必要とされている。

本稿では、フローティングゲートフラッシュメモリ (FGF) とチャージトラップフラッシュメモリ (CTF) に  $\gamma$  線照射によるトータルドーズ効果 (TID: Total Dose effect) 特性の測定を行った。

### 2 TID

フラッシュメモリの TID の影響として、放射線がデバイスに照射されることで、酸化膜に正孔が発生し、ゲート内部の酸化膜の欠陥に正孔がトラップされることや、電子と再結合し、メモリセルのしきい値電圧 ( $V_{th}$ ) が変化することが挙げられる (図 1)。これは  $V_{th}$  が大きいほど、減少量が大きくエラー率が高くなる。照射後に室温で放置することで、 $V_{th}$  が回復し、エラー率が減少することも報告されている [1]。

### 3 測定方法

市販の SSD から取り外したトリプルレベルセル (TLC) のフラッシュメモリの 3D NAND FGF (Intel, 29F01T2ANCTH2) と 3D NAND CTF (Kioxia, TABHG65AWV) を用いた。測定手順を以下に示す。

- それぞれの照射前に FGF には 000, CTF には 110 の値を書き込む。  $V_{th}$  の大きさが上から 3 つ目の値を書き込んでいる。照射前のエラー率は FGF で 0.052 %, CTF で 0.027 % となった。
- Co 60 を用いて、 $\gamma$  線照射 (15, 35, 53 krad)
- 照射後に室温放置中に、時間経過で照射前に書き込んだ値を読み出し、エラー率を測定する。

エラー率の測定には Siglead 社の NAND フラッシュメモリテスト SigNASII を用いた。

### 4 測定結果

FGF と CTF の  $\gamma$  線照射後の室温放置中のエラー率を図 2 に示す。照射直後のエラー率は照射前と比較して、非常に大きくなる。FGF で 000  $\rightarrow$  010, CTF で 110  $\rightarrow$  010 の  $V_{th}$  が減少するエラーが起こる。すべての線量において CTF のエラー率は FGF より低くなる。どちらも室温放置することでエラー率は低下する。特に CTF

のエラー率の低下がはやく、線量 53 krad では、照射から 49 時間で 30 % から 10 % までエラー率が減少した。

以上の結果より、CTF は FGF より優れた TID 耐性を持つ。CTF は窒化シリコン膜の欠陥に電子を注入し、データを記憶する構造を持つ。FGF とは異なり電子が自由に動けず、離散的に蓄積されるため、正孔と再結合が起きにくい [2]。

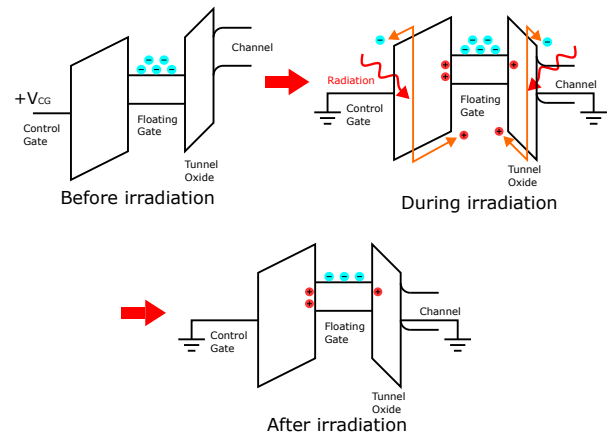


図 1: FGF における TID の発生原理 [3]

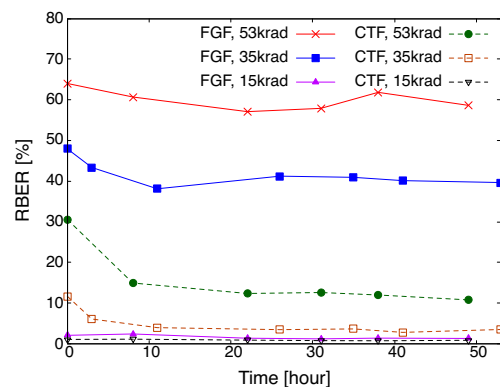


図 2:  $\gamma$  線照射後の室温アニーリング中のエラー率

### 参考文献

- [1] Marta Bagatin, et al, IEEE TNS, Vol. 56, No. 6, pp. 3267-3273, 2009
- [2] Bi, Jinshun, ICICDT, pp. 1-3, 2019.
- [3] M. J. Marinell, IEEE TNS, Vol. 68, NO. 5, pp. 546-572, 2021