

1Xnm 世代の NAND 型フラッシュメモリにおける RTN によるデータ保持不良/回復現象への影響

RTN Impact on Data-Retention Failure/Recovery Mechanism in Sub-20nm NAND Flash Memories

中央大理工, °溝口 恭史, 高橋 知紀, 竹内 健

Chuo Univ., °Kyoji Mizoguchi, Tomonori Takahashi and Ken Takeuchi

Email: mizoguchi@takeuchi-lab.org

1. はじめに

近年, NAND 型フラッシュメモリにおけるデータ保持特性は, メモリセルの微細化により電荷のドトラップ及び RTN(Random telegraph noise)による V_{TH} 変動と関連があると議論されている。しかし, 不良現象はいまだに明らかにされていない。そのため本論文では, 10nm 世代の TLC (3bits/cell) NAND 型フラッシュメモリにおける RTN によるデータ保持不良/回復現象と世代依存性について調査した[1]。

2. RTN によるデータ保持不良/回復現象

1Xnm(20nm 以下の第 1 世代)及び 1Ynm(20nm 以下の第 2 世代) TLC NAND 型フラッシュメモリにおけるデータ保持特性について調査した(図 1)。図 2 にデータ保持時間 0~21 日におけるしきい値電圧(V_{TH})分布を示す。読み出し基準電圧(V_{REF})未満である不良セルの領域を領域 1, $V_{REF} < V_{TH} < V_{REF} + 0.0625V$ である不良セルになりやすい領域(~5%のセル)を領域 2 と定義した。図 3 に示すように, 負方向の RTN による V_{TH} 変動($\Delta V_{TH, RTN}$)により $\Delta V_{TH, RTN} = -0.25V$ の場合には全体のセルに比べて, 領域 1 及び 2 のセル数の割合の方が 5~8 倍多い。さらに領域 1, 2 を含む全ての領域において, 正方向の RTN により大きく V_{TH} が増加すること(図 4)が判明した。この現象を調査するために, データ保持後の V_{TH} と $\Delta V_{TH, RTN}$ の相関について評価する(図 5)。 V_{TH} が低下しているセルの V_{TH} は大きく増加し, 回復する傾向がある。これは, 読み出し動作により電子が同じトラップサイトに再びトラップされることにより生じる。

図 5 に示すように, 1Xnm に比べて, 1Ynm の $\Delta V_{TH, RTN}$ が大きくなっている。図 6 に 3σ のときの $\Delta V_{TH, RTN}$ におけるスケール傾向を示す。以前の 1Xnm 世代よりセルサイズの大きい世代に関する調査では $1/(W, L)^{0.24}$ に比例すると報告されていた[2]。しかし, この結果より $1/(W, L)^{0.84}$ に比例しており, 微細化による RTN の影響が急激に大きくなっていることが判明した。

3. 結論

本論文では, 10nm 世代の TLC (3bits/cell) NAND 型フラッシュメモリにおける RTN におけるスケール傾向について調査した。その結果, $\Delta V_{TH, RTN}$ は $1/(W, L)^{0.84}$ とともに増加し, 以前に報告されたスケール傾向に比べて厳しいことが判明した。

謝辞

本研究は, JST, CREST の支援(グラント番号 JPMJCR1532)を受けたものである。有留誠一さんのご協力に深謝します。

参考文献

[1] S. Aritome et al., *IRPS*, 2017, pp. PM13.1-13.4.

[2] K. Fukuda et al., *IEDM*, 2007, pp. 169-172.

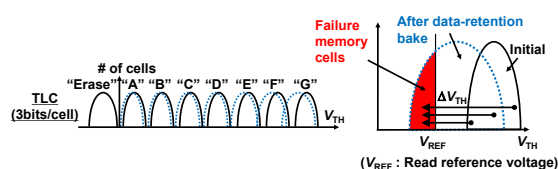


図 1: TLC (3bits/cell) NAND 型フラッシュメモリにおけるしきい値(V_{TH})分布

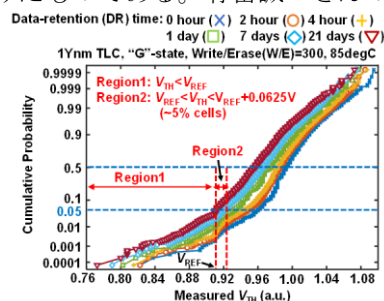


図 2: 1Ynm TLC の V_{TH} 分布のデータ保持特性

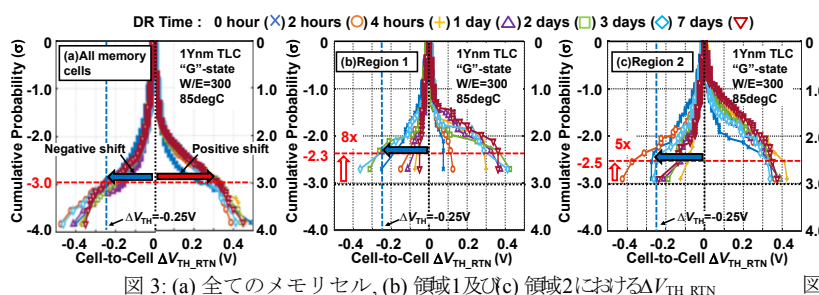


図 3: (a) 全てのメモリセル, (b) 領域1及び(c) 領域2における $\Delta V_{TH, RTN}$

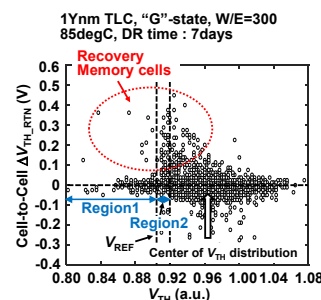


図 4: データ保持後の V_{TH} と $\Delta V_{TH, RTN}$ の相関関係

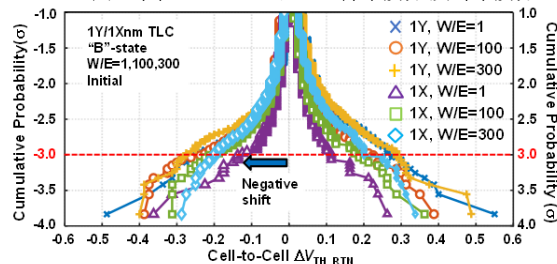


図 5: $\Delta V_{TH, RTN}$ の世代依存性

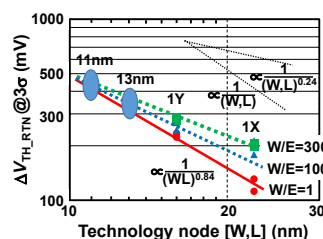


図 6: 微細化による RTN の影響