

# 3D-NAND 型フラッシュメモリにおける横方向への電荷移動抑制による高信頼化技術

## High Reliability Techniques of 3D-NAND Flash Memories by Lateral Charge Migration Suppression

中央大理工, °溝口 恭史, 小滝 翔平, 出口 慶明, 竹内 健

Chuo Univ., °Kyoji Mizoguchi, Shohei Kotaki, Yoshiaki Deguchi and Ken Takeuchi

Email: mizoguchi@takeuchi-lab.org

### 1. はじめに

NAND 型フラッシュメモリは微細化の限界により、製造コストが高騰している。その問題を解決するために、メモリセルを垂直方向に積層した 3 次元(3D)NAND 型フラッシュメモリが開発された。しかし、図 1 に示すように、電荷捕獲方式の 3D NAND 型フラッシュメモリではワード線(WL)が電荷捕獲層を共有している。そのため、横方向への電界が発生することにより、電荷移動が発生し、データ保持特性が悪化する[1]。本論文では、横方向への電荷移動を抑制する技術である  $V_{TH}$  Nearing(VN)を提案する[2]。

### 2. 横方向への電荷移動による $V_{TH}$ 変動

3D-TLC(3bits/cell) NAND 型フラッシュメモリの横方向の電荷移動を評価するために、対象のセル(WL(n))が隣接セル(WL(n-1), WL(n+1))と等しいしきい値電圧( $V_{TH}$ )状態のデータパターンをソリッドパターン、対象のセルが隣接セルと異なる  $V_{TH}$  状態のデータパターンを行ストライプパターンと定義した(図 2)。ソリッドパターンでは、WL 間の電界が小さいため、横方向の電荷移動が少なく、 $V_{TH}$  減少が小さい(図 3 (a))。一方、行ストライプパターンの場合、WL 間に発生する電界により横方向の電荷移動が発生するため、 $V_{TH}$  が大きく減少し、データ保持特性が悪化する(図 3 (b))。

### 3. $V_{TH}$ Nearing

図 4 に提案の VN による横方向への電荷移動抑制方法を示す。例えば、図 4 のように、対象のセル(WL(n))が“P7”状態の際に、隣接セル(WL(n+1))が“P7”状態に近づくように SSD コントローラー内でデータを変調する。変調はセルに記録された状態を、WL 方向へシフトすることにより実現する。

図 5 に提案の VN による変調結果を示す。提案の VN によりランダムデータと比べて、“P7”状態のソリッドパターンを 1.9 倍増加させ、行ストライプパターンを 27%削減させることができた。図 6 にランダムデータと提案の VN の実測のビット誤り率(BER)を示す。提案の VN により、書き換え回数 1 回の場合、BER を 40%削減し、データを保持できる時間を 2.8 倍増加させることができた。

### 3. 結論

本論文では、横方向への電荷移動による  $V_{TH}$  変動を解析し、横方向への電荷移動を抑制することによりデータ保持特性を向上させる VN を提案した。提案の VN により横方向への電荷移動を抑制することで、BER を 40%削減し、データを保持できる時間を 2.8 倍に増加させることができた。

### 謝辞

本研究は、JST, CREST の支援(Grant番号 JPMJCR1532)を受けたものである。

### 参考文献

- [1] B. Choi et al., *VLSI Tech.*, 2016, pp. 78-79.  
 [2] K. Mizoguchi et al., *IEDM*, 2017, pp. 19.2.1-19.2.4.

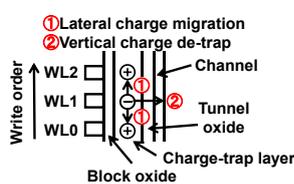


図 1: 電荷捕獲方式の 3D-NAND 型フラッシュメモリにおける信頼性の問題

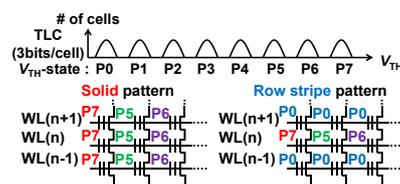


図 2: ソリッドパターンと行ストライプパターンの定義

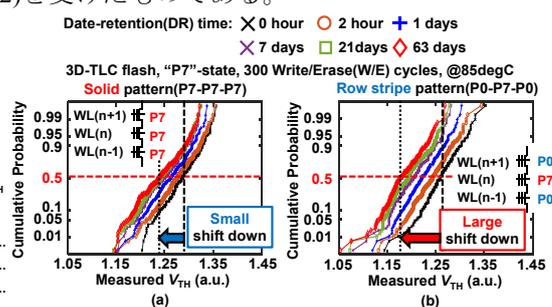


図 3: 3D-NAND 型フラッシュメモリの (a) ソリッドパターン、(b) 行ストライプパターンにおける実測の  $V_{TH}$  分布

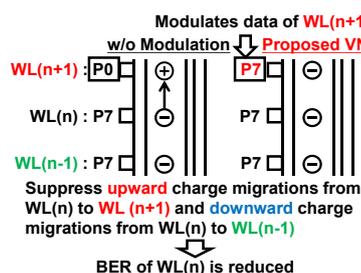


図 4: 提案の  $V_{TH}$  Nearing

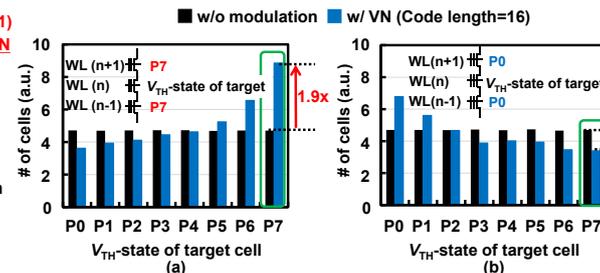


図 5: 提案の  $V_{TH}$  Nearing における隣接セルが (a) “P7”状態と (b) “P0”状態のセル数

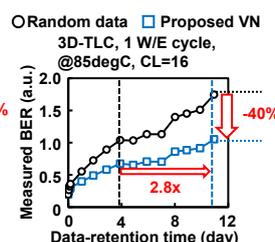


図 6: 提案の  $V_{TH}$  Nearing による実測の BER