

# データの書き換え頻度に応じた TLC NAND 型フラッシュメモリ におけるワード線単位のしきい値電圧変調手法

## $V_{TH}$ Modulation with Word-Line Unit of TLC NAND Flash Memories Considering Write Frequencies of Data

○出口 慶明、竹内 健 (中大理工)

○Yoshiaki Deguchi and Ken Takeuchi (Chuo Univ.)

E-mail: deguchi@takeuchi-lab.org

### 1. はじめに

Triple level cell (TLC) NAND 型フラッシュメモリは8つのしきい値電圧状態を制御することで1セルに3bitを保存するが、信頼性の低下が問題となっている。そのため、高信頼な低しきい値電圧状態(図1(a))を増やすよう分布を変調する Asymmetric Coding (AC)が提案された(図1(b)) [1]。しかし、ACはワード線中の1bit毎に変調するため最適な分布を生成できない。本論文では、ワード線中の3bitを同時に変調することで最適な分布を生成する Word-line Batch  $V_{TH}$  Modulation (WBVM) (図1(c)) [2]を提案する。

### 2. Word-line Batch $V_{TH}$ Modulation (WBVM)

提案の WBVM では、書き換え頻度に応じて異なる変調を行う。ここでは、書き換え頻度の高いデータを Write-hot data、低いデータを Write-cold data と呼ぶ。Write-hot data では、浮遊ゲートへの電子の移動が書き換えストレスとなりエラーを引き起こす。そのため、しきい値電圧の高さに応じて  $V_{TH}$  point を図2(a)のように設定し、書き込みデータの  $V_{TH}$  point の合計値が小さくなるようデータを変調する。また、Write-cold data では、データ保持中に発生するデータ保持エラーが問題となるため、実測から得た図2(b)の値を BER point とし、この値が小さくなるよう変調を行う。

WBVM の変調方法を図3に示す。従来の AC 同様、フラグビットが1のときデータを反転させるが、はじめに、フラグが000~111となる8つの組み合わせを生成する。その後、生成された全ての組み合わせにおいて、Write-hot data では  $V_{TH}$  points を、Write-cold data では BER points を足し合わせ、これが最も小さくなる組み合わせをメモリへ書き込む。これにより、書き換えストレス又はデータ保持エラーを削減することができる。

エラー率の実測結果を図4に示す。Write-hot data では、許容可能書き換え回数を1.8倍に伸ばし、エラー率を49%削減した。また、Write-cold data では、許容可能データ保持時間を2.3倍に伸ばし、エラー率を36%削減した。従来の AC と比較しても、30%以上のエラーを削減できた。

### 3. 結論

WBVM により書き換え頻度に応じた最適な分布の生成を可能にした。結果として、Write-hot と cold data に対して、それぞれ許容可能書き換え回数とデータ保持時間を伸ばすことができた。

### 謝辞

本研究の一部は CREST/JST (グラント番号 JPMJCR1532) の助成により行われた。

### 参考文献

- [1] S. Tanakamaru *et al.*, *ISSCC*, 2011, pp. 204-205  
[2] Y. Deguchi *et al.*, *ASSCC*, 2017, pp. 161-164.

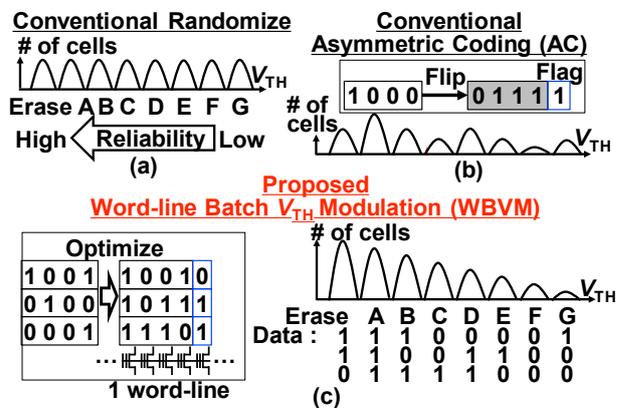


図1 従来手法と提案の WBVM

For Write-hot data								
State	Erase	A	B	C	D	E	F	G
(a) $V_{TH}$ points	0	1	2	3	4	5	6	7

For Write-cold data								
State	Erase	A	B	C	D	E	F	G
(b) BER points	1.0	1.6	1.0	2.7	2.7	6.4	6.4	14.8

図2 WBVM 変調のための  $V_{TH}$  point と BER point

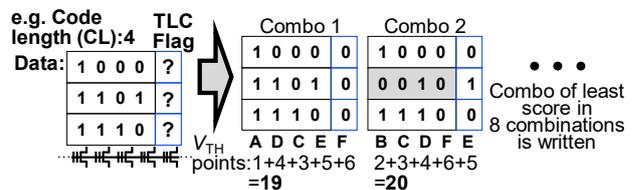


図3 WBVM の変調方法

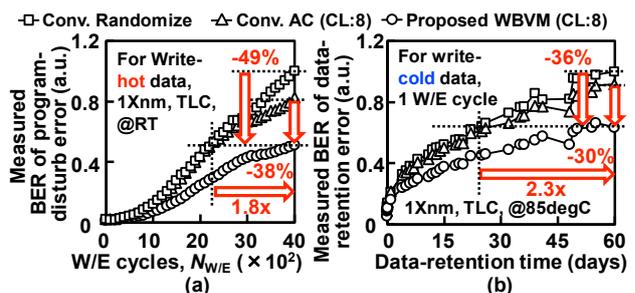


図4 WBVM の実測結果