

TLC NAND 型フラッシュメモリの高信頼化とデータ圧縮を同時に実現するメモリコントローラ技術

Data Compression Technique for Reliability Enhancement of TLC NAND Flash Memory

○出口 慶明、渡邊 光、竹内 健 (中大理工)

Yoshiaki Deguchi, Hikaru Watanabe and Ken Takeuchi (Chuo Univ.)

E-mail: deguchi@takeuchi-lab.org

1. はじめに

1セルに3bitを保存する Triple level cell (TLC) NAND 型フラッシュメモリでは、8つのしきい値電圧状態を制御しデータを保存するが、図1のエラー率実測結果のように、しきい値電圧が低いほど信頼性が高い。そのため、しきい値電圧分布の変調により信頼性が向上する。本論文では、データ圧縮と同時に分布を変調する Flash Reliability Boost Huffman Coding (FRBH) [1]を提案する。

2. Flash Reliability Boost Huffman Coding (FRBH)

FRBHでは、データ圧縮手法であるハフマン符号を応用し圧縮と分布変調を同時に実現する。従来のハフマン符号では、データの出現頻度に応じて図2のようなハフマン木を生成する。図2中では、“A”というデータの出現頻度が1/10、“E”の頻度が3/10である。ハフマン符号では、“頻度の低いノード同士を枝で接続し新たなノードを生成する”という流れを繰り返し、全てのノードを接続する。その後、枝に“1”又は“0”が割り当てられ、これが変調後のデータとなる。図2の例では、“A”は“111”に、“E”は“00”に変調される。このように、頻度の高い“E”に短い2bitのデータが割り当てられているため、データを圧縮できる。

提案のFRBHでは、従来と異なり8つ同時にノードを接続する(図3)。その後、頻度の高いノードに高信頼なしきい値電圧状態を直接割り当てることで、分布の変調とデータ圧縮を同時に実現する。このように8つずつ接続する手法をFRBH-TLCと呼ぶ。さらに信頼性を向上させるために、FRBH-7LCとFRBH-6LCも提案する。従来、8つの状態のうち7もしくは6状態のみを用いる n -out-of-8 cells (n LC) [2]がある。この手法は高信頼化のために“F”、もしくは“F”と“D”状態を割り当てずデータを保存する。FRBH-7LCとFRBH-6LCでは、7もしくは6つのノードを同時に接続し、 n LCと同様のしきい値電圧状態を割り当てないことで更なる高信頼を実現する。

本論文ではテキストファイルを書き込み実測を行った。許容可能データ保持時間は90倍、エラー率は71%削減できた(図4)。また、同じデータを繰り返し書いた場合、書き換え回数は39%削減できた(図5)。この結果は、1.7倍の総書き込みデータサイズ向上に繋がる。

3. 結論

提案のFRBHによって、データ圧縮と信頼性向上を同時に実現することができた。

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] Y. Deguchi *et al.*, *VLSI Tech.*, 2017, pp. 206-207.
- [2] S. Tanakamaru *et al.*, *VLSI Circ.*, 2014, pp. 126-127.

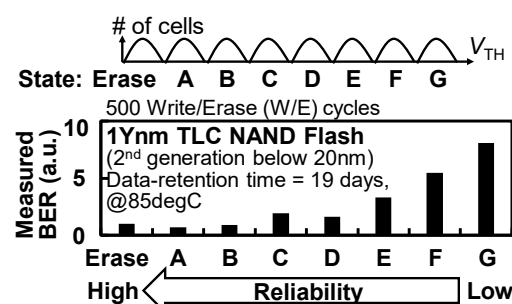


図1 TLC NAND 型フラッシュのエラー特性

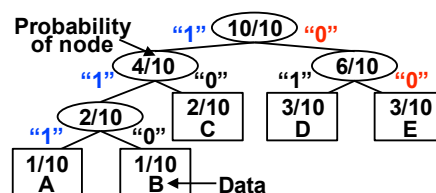


図2 従来のハフマン符号

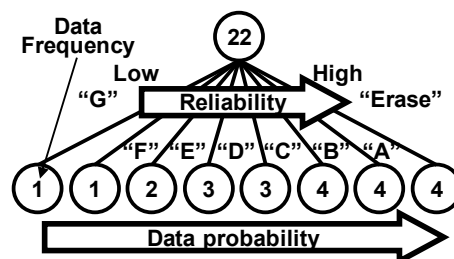


図3 提案のFRBH-TLC

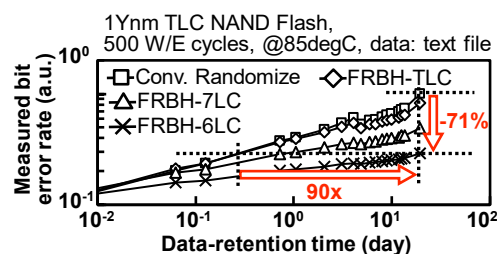


図4 FRBH のデータ保持特性実測結果

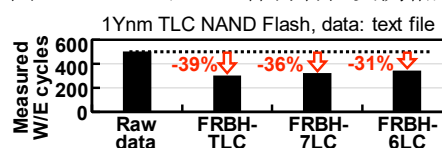


図5 FRBH の書き換え回数実測結果