

学位論文題目 Research of Low-Power and High-Reliability SRAM Design in Nano-Scaled Technology (邦訳: 微細化 CMOS スタティック RAM の低消費電力化・高信頼化設計に関する研究)

取得年月 2009年3月 **学位種別** 博士(工学) **大学** 神戸大学

氏名

藤原 英弘(ルネサスエレクトロニクス(株)技術開発本部 設計基盤開発統括部基盤メモリ IP 開発部)

推薦研究会

システム LSI 設計技術

推薦文

SRAM に対する高信頼化・低消費電力化に取り組んだ、非常に堅実な論文である。具体的には、高信頼モード付き SRAM、ばらつき補正回路、動画処理用低消費電力 SRAM を提案している。いずれの方式もチップ試作によって効果を確認しており、実用的にも高く評価できる。

近年、システム LSI はさまざまな産業の基幹を担っており、システム LSI の信頼性の向上および低消費電力化がますます重要となってきている。また、システム LSI には処理データを記憶するメモリとして、高速、低消費電力、周辺回路が簡素、論理演算部との混載が容易などという理由から、SRAM が広く用いられている。今後、コンピュータシステムにさらに高い処理能力が要求され、システム LSI における処理データ量が大規模化するにしたがって、システム LSI に搭載される SRAM の記憶容量が増大することが予想されている。

以上に示した理由から、システム LSI の低消費電力化および高信頼化のためには、SRAM の低消費電力化・高信頼化を行うことが最も重要な課題となる。しかし、MOS トランジスタの製造プロセスの微細化が進むにつれて、MOS トランジスタのチップ間ばらつき(システムマチックばらつき)およびチップ内ばらつき(ランダムばらつき)が増大することにより、メモリセルの安定動作性が低下し、SRAM の低電圧動作性の確保、および信頼性の維持が困難となる。

本論文では、上記の問題を解決するために、微細プロセスにおける SRAM の低消費電力化および高信頼化について、以下の3種類の要素技術について論じた。

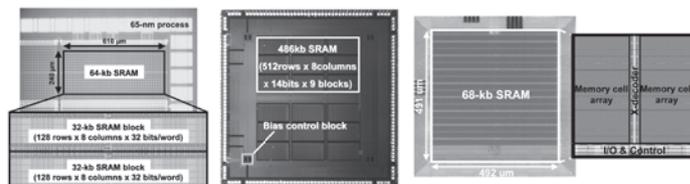
(1) 高信頼モードを有するディペンダブル 7T/14T SRAM

動的に信頼性を変化することのできる 7T/14T ディペンダブル SRAM の提案を行った。提案した 7T/14T メモリセルは、2つの従来型 6T メモリセルの保持ノード間に2つのトランジスタ (M20, M21) を追加した構造である。提案メモリセルは必要とされるメモリ容量、速度、信頼性に応じて、追加した2つのトランジスタをオン/オフさせることにより、動的に通常動作モード (1bit を 7T で保持) と高信頼動作モード (1bit を 14T で保持) を切り替えることができる。

65-nm プロセスを用いて 64-kb SRAM を試作し、その実測結果から、高信頼モードにおいて、従来メモリセルの動作下限電圧を 0.12V 改善し、0.36V で動作することを確認した。

(2) システムマチックばらつきを補正する基板バイアス制御技術

FD-SOI プロセスを用いた、システムマチックばらつきを抑制



(1) 高信頼モードを有するディペンダブル 7T/14T SRAM (65-nm CMOS で試作)

(2) システムマチックばらつきを補正する基板バイアス制御 SRAM (150-nm FDSOI CMOS で試作)

(3) 動画処理応用低消費電力 8T 2-port SRAM (90-nm CMOS で試作)

することができる基板バイアス電圧制御回路の提案を行った。提案した基板バイアス電圧制御回路は、システムマチックばらつきを自動的に検出し、補正することにより SRAM のメモリセルの動作マージンを改善することができる。0.15- μ m FD-SOI プロセスを用いて、486-kb SRAM を試作し、実測することにより、動作下限電圧を 0.14V 改善し、0.46V で動作することを確認した。

(3) 多数決論理とデータ並べ替え処理を用いた動画処理応用低消費電力 8T 2-port SRAM

動画処理で広く用いられている 2-port SRAM に対して、動画の持つ隣接画素相関性を利用した、低消費電力化技術の提案を行った。提案した多数決論理とデータ並べ替え処理(相関性に応じてデータを並べ替える)を用いることで、8T 2-port SRAM の読み出しビット線の充放電回数を削減することにより、低消費電力化が可能となる。90nm プロセスを用いて試作を行い実測の結果、読み出しビット線充放電電力を 45% 削減し、読み出し動作電力を 28% 削減することを確認した。

(平成 22 年 4 月 2 日受付)