

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	Islam A. K. M Mahfuzul
論文題目	Modeling, Characterization and Compensation of Performance Variability using On-chip Monitor Circuits for Energy-efficient LSI (オンチップモニタ回路を用いたLSI特性ばらつきのモデル化技術及び補償技術の活用によるエネルギー効率向上に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>プロセスの微細化と動作電圧の低下に伴い急拡大するLSIの特性ばらつきに対処するため、本論文では特性ばらつきを評価するためのオンチップモニタ回路の構成方法とモニタ回路を用いた特性の自律補償技術について検討し、提案手法の効果を試作チップによる評価により実証したもので、6章から成っている。</p> <p>第1章は序論であり、半導体製造プロセスの微細化と、エネルギー効率改善のための電源電圧低減化、それらに伴うLSI特性ばらつきの増加等、研究背景について述べている。オンチップモニタ回路の活用により、ばらつきの状況に応じた適切な対策をとることが重要であることを説明している。その後、本研究の目的、関連研究及び研究の概要について述べている。</p> <p>第2章では、対象ばらつきの様々な成分及びそれらがLSIに与える影響について述べている。現在は、ばらつきの最悪値を想定した設計が行われるが、これが過度に悲観的な見積りとなっていることを指摘し、ばらつきが回路の動作速度、消費エネルギー、歩留まり及び信頼性に与える影響を説明している。ばらつきの影響を小さくする様々な回路技術の特徴について述べている。</p> <p>第3章では、感度の異なる複数回路の特性ばらつきより、特性ばらつきの要因であるデバイスパラメータのばらつき量を推定する技術を提案している。従来、単体トランジスタの測定値から各デバイスパラメータのばらつき量を推定していたが、測定コストが大きく実際の回路と混載できないなどの問題がある。本章では、実際の回路と混載可能なデジタル型で、各デバイスパラメータの変動量の推定に適する感度の高いモニタ回路の構造法を提案している。提案モニタ回路を用いて、該当チップの大局的なばらつきとチップ内にランダムに発生するばらつきの両方を推定する技術を提案している。提案したモニタ回路の効果を、シミュレーションとともにテストチップ試作とその測定により実証している。</p> <p>第4章では、第3章で検討したモニタの回路構成を活用し、チップ内のランダムばらつきを面積効率良く測定することが可能な回路構成可変型のモニタ回路の構成法と測定手法を提案している。モニタ回路の構成を動的に再構成することにより、単一のモニタ回路を用いて、要素セル間で発生するばらつきの統計量を求めることを可能にしている。製造プロセスに起因したスタティックなばらつきのみならず、動作中に発生する時間的に変動するばらつきも評価可能となるようなモニタ回路技術を提案している。試作したテストチップによる評価実験により、提案技術の有効性を実証している。</p> <p>第5章では、特性ばらつきがLSIの性能に与える影響と、最悪状態を想定した現在の設計技術が動作エネルギーの大幅な損失につながることを、シミュレーションを元に検証している。動作エネルギーの削減を図るため、オンチップモニタによりプロセス変動量を測定し、基板バイアス電圧の調節によりトランジスタの特性を自律的に補正する回路技術を提案している。提案手法により各種トランジスタの特性が自動的に目標値に補正され、製造プロセスに起因した特性ばらつきの影響を除去出来ることを示している。提案回路を65nmプロセスにて設計し、プロセス変動のコーナー条件を実現するように製造されたテストチップを用いた動作実験により、提案手法の有効性を確認している。</p> <p>第6章は結論であり、本論文で得られた成果を総括的にまとめている。</p>			

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、プロセスの微細化と動作電圧の低下に伴い急拡大するLSIの特性ばらつきに対処するため、特性ばらつきを評価するためのオンチップモニタ回路の構成方法とモニタ回路を用いた特性の自律補償技術について検討し、提案手法の効果を試作チップによる評価により実証している。本論文で得られた成果は以下の通りである。

1. トランジスタの微細化により増大するデバイスパラメータの変動量を、回路特性の変動量より推定する手法を提案し、オンチップ推定に適したモニタ回路の構成方法を提案した。提案手法に基づくモニタ回路を設計し、シミュレーションと共に試作チップ測定によりその有効性を実証した。
2. 従来は大量のモニタ回路を用いて行う必要のあった各種ばらつきの測定を、回路構造可変なモニタ回路を新たに考案することで、単一のモニタ回路を用いて各種ばらつきを推定する方法を開発した。製造ばらつきによるスタティックな特性変動に加えて、動作中に発生する時間的に変動するばらつきの評価も可能にした。試作チップによる動作実験により、その有効性を確認した。
3. 特性ばらつきがLSIの動作速度及び消費エネルギーに与える影響をシミュレーションにより評価し、従来の最悪値を想定した設計手法では動作エネルギーが不必要に増大することを示した。各チップのばらつき状況を測定し、その状況に応じて動作環境を調節することにより、エネルギー効率を大きく改善できることを検証した。
4. チップあるいはチップの場所ごとのグローバルなばらつき成分の自律補償回路技術を提案した。本研究で開発したモニタ回路を元にばらつき状況を判断し、基板バイアスを適応的に生成する動的なばらつき補償技術を提案した。提案した技術を試作チップにてその効果を検証した。

以上、本論文はトランジスタの微細化に伴う特性ばらつき増大の諸問題に対してオンチップモニタ回路を用いた効果的な解決手段を考案し、その有効性を試作回路の実証実験により確認している。本論文の内容は、学術上、応用上ともに寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものとして認める、また平成25年12月24日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」)を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降