

## 審査の結果の要旨

氏名 月坂真之

本論文は「VLSI システムにおけるスキャンパステストの効果的活用に関する研究」と題し、6章から成っている。

第1章「序論」では、高度情報化社会を支える基盤技術であるVLSIの生産性を向上させるためのテスト容易化手法としてスキャンパス技術が有効であるが、VLSIシステムの微細化と大規模化に伴って、スキャンパスの積極的な導入が発熱問題とIRドロップ問題を招き、却ってVLSIの生産コストが増大する結果となってスキャンパステストの効果的活用を妨げていることを指摘し、本論文の目的が、この問題を解決する新しいスキャンパステスト方式を提案し、その積極的活用が有効であることを示すことにあると述べている。

第2章「非重複n相パルスによる省メモリ素子シフトレジスタの制御」では、n相の重複しないパルス信号を用いてシフトレジスタの各ステージにおけるメモリ素子動作を制御する非重複n相パルス方式を提案している。従来の1相クロックによるエッジトリガ方式と2相クロックによるレベルセンシティブ方式はいずれもクロックに同期して一斉にデータシフトを起こすためにデータ1ビット当たり2つのメモリ素子が必要なため、N個のメモリ素子で構成されたシフトレジスタに存在できる有効なデータ容量は最大でN/2である。これに対して提案する方式では $\{(n-1)/n\} * N$ となり、従来の方法より優れていると述べている。また、提案する方式によるシフトレジスタが正しく動作するために配線遅延、ゲート遅延が満たすべき制約と条件式を導出している。

第3章「非重複n相パルス信号生成装置の実装例」では、提案する方式によるシフトレジスタ制御に用いることのできるパルス信号生成装置の実装例として、2入力AND素子と否定論理の遅延素子をn個縦列接続するパルス発生装置と、非同期式発振回路を用いたパルス発生装置を提示し、それぞれ、配線遅延とゲート遅延にばらつきのあるシフトレジスタの正しい動作を保証するために要するパルス幅及びパルス間隔調整のための設計指針を提示している。

第4章「スキャンパスの挿入による発熱及びIR-Drop問題」では、スキャンパスの大規模な導入によって生じるIR-Drop違反と発熱問題が、本論文で提案

する非重複  $n$  相パルス方式によって解決されることを示している。VLSI の通常動作においてはある時刻に値の反転するメモリ素子の数はチップ上の全メモリ素子数のごく一部であるが、テストモードでは、意図的に回路内論理ゲートの値を反転させるテストベクトルを印加するため値の反転するメモリ素子の数は通常動作時の想定を大幅に越えることが多く、その結果として、テストモードにおける消費電力が通常動作時のそれを大幅に上回る。このため、発熱によって VLSI 回路が破壊される危険や、大規模なピーク電流が規定値を上回る電源電圧降下 (IR-Drop 違反) を引き起こしてシステムに誤動作を引き起こす恐れがあることを指摘し、提案する方式を用いると、テスト時にレジスタ内で稼働するメモリ素子数は従来方式のほぼ半分になり、スイッチング時ピーク電流も  $1/(n-1)$  に削減されると述べている。また、提案する非重複  $n$  相パルス方式の導入がスキャンパス・シフトレジスタのサイクルタイムに与える影響を検証するため、ISCAS89 ベンチマーク回路について配置配線設計を行ない、提案する方式を最適に導入するための設計指針を示している。

第 5 章「スキャンパスの導入による回路面積の増加問題とその解決法」では、まず高速演算回路に用いられることの多いダイナミック回路は出力部がメモリ素子になっているため、レジスタを挿入することなく回路を構成できるにもかかわらず、従来の方でスキャンパスを導入すると回路量が増大してしまう問題を解決法するため、ダイナミック回路の記憶素子をそのままスキャンパスとして活用する方法を提案している。次に、レジスタ部がシングルラッチで構成されている回路は従来方式のスキャンパスを導入するとレジスタ回路量が 2 倍になる問題を指摘し、非重複  $n$  相パルス方式を用いるとシングルラッチ構成のスキャンパス使用が可能になり、この問題が解決されると述べている。

第 6 章「結論」では、本論文で得られた成果を要約し、今後の研究課題を示している。

以上を要するに、本論文は、VLSI システム技術の微細化と大規模化に伴って、チップテストの重要性が高まるにもかかわらず、テスト容易化に有効な手段であるスキャンパス方式を積極的に導入しようとする、却って故障要因が増大し、ハードウェアコストを増大する問題に着目し、これを解決する手段として非重複  $n$  相パルスを用いる新しいスキャン方式を提案し、その有効性を示したものであり、その成果は工学的に貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。