

## 審査の結果の要旨

氏名 柳川善光

論理 LSI の信頼性を左右する現象に、放射線起因のソフトエラーがある。放射線起因のソフトエラーは論理 LSI の誤動作を招く可能性があるため、厳しい放射線環境下で使用する宇宙用計算機の開発において従来から問題視されてきた。さらに近年は、論理 LSI の急速な高性能化や低電圧化によって、比較のおだやかな放射線環境である地上においてもソフトエラーが無視できない状況となりつつあり、今後は宇宙や地上を問わず、論理 LSI にソフトエラー対策を導入する必要性が増すと考えられる。しかし、放射線起因のソフトエラーには複数の発生要因が存在し、それぞれ必要な対策が異なる上に、対策の実装コストも無視できない。従って、あらかじめ対象の論理 LSI において「ソフトエラーが発生しやすい場所の同定」と「ソフトエラーの発生要因の特定」を行うことが、効率よく論理 LSI の放射線耐性を高めるために重要であると考えられる。本論文は、まず、オンチップの自己トリガ型パルス幅測定回路を開発し、放射線が論理素子に誘起する過渡電圧パルスの幅を実測することでソフトエラーの発生要因についての知見を得、その上で、論理 LSI で発生する放射線起因ソフトエラーの発生率を記憶素子ごと・発生要因ごとに測定することができる新たな測定手法とそれに必要なスキャンフリップフロップを提案し、重イオン照射試験を通じてその有効性を実証したものである。

本論文は、全 6 章より構成される。

第 1 章は序論であり、研究の背景、目的、論文の構成などを述べている。

第 2 章では、ソフトエラーを引き起こす放射線について、その起源から半導体との物理的相互作用にいたるまで、本研究の基礎となる部分について説明を加えている。また、こうした物理的相互作用の結果発生するソフトエラーをその発生要因ごとに分け、それぞれの対策手法を紹介し、効率的な論理 LSI の耐放射線化を行うためにはソフトエラーを測定する必要があることを述べている。

第 3 章においては、オンチップパルス幅測定回路を開発し、SET のパルス幅を測定した実験について述べている。パルス幅が非常に短く、しかもランダムに発生する SET を測定することは容易ではないが、自己トリガ機構を持つオンチップのパルス幅測定回路を開発し、SET を可能な限り取りこぼし無く捕え、それらの幅をチップ上で測定することを可能にしたことを述べている。さらに、開発した回路を用いて、宇宙環境を模擬した重イオン照射下において、0.2- $\mu\text{m}$  完全空乏型 SOI プロセスで作製した論理素子で発生する SET のパ

ルス幅を測定した実験方法とその結果を示し、測定回路の有効性を実証するとともに、照射エネルギー一定の条件下であるにもかかわらず SET のパルス幅には分布があることを示している。

第 4 章は、論理 LSI で発生する放射線起因ソフトウェアの発生率を記憶素子ごと・発生要因ごとに測定することができる新たな測定手法を示し、そのために必要なソフトウェア取得機能つきスキャンフリップフロップを提案している。テスト容易化設計で使用される一般的なスキャンフリップフロップに対し、ソフトウェアの発生を検知し外部に読み出すまで保持する機能を追加したことで、従来は困難であった、論理 LSI の各記憶素子で発生するソフトウェアを外部から詳細に把握することを可能にしたことが述べられている。

第 5 章では、提案スキャンフリップフロップを実装したテストチップを用いて重イオン照射試験を行い、その結果に基づき提案スキャンフリップフロップが設計どおりの機能を有することを実証したことを述べている。さらに、提案したスキャンフリップフロップの実装コスト見積もりを行い、現実的なコスト負担で論理 LSI のソフトウェアの発生率の詳細な測定が可能になることを述べている。

第 6 章は結論であり、本論文をまとめ、研究の成果について総括している。

以上これを要するに、本論文は、論理 LSI における放射線起因ソフトウェアの測定手法として、シングルイベント・トランジェントのパルス幅測定機構を開発し、論理 LSI 内部のソフトウェアを詳細に測定するための手法の提案を行い、重イオン照射試験によりその有効性を実証したものであり、電子工学、宇宙工学上貢献するところが少なくない。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。