

氏名（本籍）	ふかざわ ゆうき 深澤 祐樹（大分県）
学位の種類	博士（情報工学）
学位記番号	甲第105号
学位授与年月日	平成26年3月24日
学位授与の要件	広島市立大学大学院学則第36条第2項及び広島市立大学学位規程第3条第2項の規定による
学位論文題目	誤り訂正可能な巡回符号を用いた高信頼組込み自己テストに関する研究
論文審査委員	主査 教授 井上 智 生 副査 教授 北村 俊 明 副査 教授 若林 真 一 副査 准教授 市原 英 行

論文内容の要旨

組込み自己テスト (BIST) (LSI にテスト用の回路を組み込むことで LSI のテストを行う手法) はテストコスト削減に有効だが、近年の LSI の大規模化・複雑化により BIST 回路 (テスト用の回路。主にはテスト生成器や応答圧縮器) 自身の故障が無視できなくなっている。BIST 回路が故障すると被テスト回路のテストを適切に行えない可能性があり、歩留まりの低下や市場不良が懸念される。そのためテスト実行結果の信頼性を高める高信頼組込み自己テストが期待されている。

本論文では、高信頼組込み自己テストを行うための1つの方法として、巡回符号を利用した耐故障 BIST 手法を提案している。提案した耐故障 BIST 回路は、解析モデルや実験結果をもとづいて信頼性を中心に議論され、その有効性が示されている。本論文の3章と4章ではテストパターンを発生させるテスト生成器の耐故障化について、5章では被テスト回路から出力される出力応答の圧縮器の耐故障化について論じている。

3章では符号語の誤り検出に着目し、誤り検出機能を持つ複数のユニットの出力を適切に切り替えることで動的マスクを実現するテスト生成器を提案している。耐故障テスト生成器は再構成時にあらかじめ用意したスペアユニットの出力に切り替える待機冗長型と、別の正常なユニットの出力を複数の外部出力で共有する縮退利用型がある。前者は面積は大きくなるがテスト品質の低下がないという特徴があり、後者はテスト品質の低下があるものの面積が小さいという特徴がある。計算器実験では、製造過程での故障発生を仮定し、テスト生成器が期待どおり動作する確率を信頼度として評価している。この結果から、再構成可能テスト生成器は、永久故障が発生する状況において、再構成なしのテスト生成器よりも高信頼であることが示されている。

4章では、動的ではなく静的なマスクを実現するために、巡回符号の訂正能力を利用した誤り訂正可能テスト生成器を提案している。このテスト生成器は、テスト再実行の時間オーバーヘッドがない、一時故障への耐性が強いなどの特徴があるため、主に LSI 出荷後のフィールドテストでの利用が想定される。実験結果は、一時故障が発生する状況において、誤り訂正可能テスト生成器

の期待動作確率が他のテスト生成器よりも高いことを示している。また、フィールドテストを想定したオンライン BIST においても、誤り訂正可能テスト生成器は高い信頼性を維持できることを示している。

5章では、3, 4章とは異なり、被テスト回路の出力側に位置する応答圧縮器の耐故障化について議論している。提案する符号化応答圧縮器は、被テスト回路の出力応答を符号化し、テスト実行結果であるシグネチャを常に符号語となるよう圧縮することで、被テスト回路の故障と応答圧縮器の故障を区別できる能力(自己判別率)を高めることが可能である。論文中では自己判別率の理論的な期待値が示されており、実験的な期待値と一致することが確認されている。また、符号化応答圧縮器は誤り訂正器機能を付加することで、誤りの静的なマスクも可能となる。誤り訂正機能を付加した応答圧縮器は、付加していないものよりも高い自己判別率が得られることも実験的に示されている。

以上のように、本論文では BIST 回路を構成する2つの要素であるテスト生成器と応答圧縮器を耐故障化することによって、BIST 回路の信頼性を包括的に向上することに成功している。これは、BIST 回路故障が原因の歩留まりロスや市場不良を減らし、LSI の製造性向上、さらには社会インフラを支える LSI システムの安心、安全に貢献できることを意味している。

論文審査の結果の要旨

平成26年1月31日に博士学位論文発表会(公聴会)ならびに審査委員会を開催した。博士学位論文発表会では申請者が論文内容について説明を行い、その後、論文内容に関する質疑応答および議論を行った。申請者からの発表では、研究の背景、論文の構成、研究の成果に関する概要、残された課題と今後の展望などが限られた時間内での確に説明された。その後の質疑応答の時間では、発表内容に関するものだけでなく、本研究に関する将来の展望や社会的意義などについても申請者と聴講者との間で活発に議論された。

その後の審査委員会では、論文の内容と構成、公聴会(口頭発表)の内容と質疑応答の状況、および本研究に関する業績について審査した。論文は研究成果を適切な構成でまとめており、予備審査委員会での助言も取り入れ、充実した内容になっている。口頭発表とそれに対する質疑応答も論文の内容に沿って適切に行われた。本研究の成果は、IEEE主催の国際会議2件(うち1件は学生賞受賞)、国際ワークショップ3件(うち2件はショート)、および電子情報通信学会論文雑誌1編に発表・掲載されている。以上より、審査委員会は、本論文が広島市立大学大学院情報科学研究科の博士論文としての要件を十分に満たしているものと判定し、申請者は博士(情報工学)の学位を取得するのに十分な知識と専門性を有しているものと判断した。