

マルチサイクルの機能動作による故障診断用パターン生成

Fault Diagnosis Pattern Generation by Function Operation under Multi-cycle

神崎 壽伯 王 シンレイ 甲斐 博 樋上 喜信 高橋 寛
N. Kanzaki S. Wang H. Kai Y. Higami H. Takahashi
(愛媛大学大学院理工学研究科)

1. まえがき

微細化加工された集積回路においては、誤動作を引き起こす物理的な欠陥を特定する故障診断が困難になっている。高精度な故障診断の実現には、故障シミュレーションを行うことで被疑故障を区別できる診断用パターンを新たに生成するための生成アルゴリズムが必要である。本研究では、診断対象回路の組合せ論理回路をパターン生成器として活用し、マルチサイクルの機能動作によって故障診断用パターン生成する方法を提案する。

2. 故障辞書に基づく故障診断

ここで故障辞書に基づく故障診断について説明する。例として故障 f1~f6 を含む回路にテストパターン t1~t4 を与えた場合の検出/未検出を表1に表すように故障辞書を作る。

表1 故障辞書に基づく故障診断(0:未検出, 1:検出)

	f1	f2	f3	f4	f5	f6
t1	1	0	0	1	0	0
t2	1	1	0	1	0	0
t3	0	1	0	0	1	0
t4	0	0	1	0	1	1
T1	1	0	0	0	0	1

表1をみると f1 と f4, f3 と f6 の検出/未検出が同じであるため、{f1, f4} と {f3, f6} は診断できず f2, f5 のみが診断可能であることが分かる。故障診断能力を向上させるためには、従来法は区別不可の被疑故障集合 {f1, f4, f3, f6} に対して、故障シミュレーションを行うことで、パス/フェイル情報が故障ごとに異なるようなパターンを新たに生成する。例えば、表1に示すように T1 パターンを改めて生成することで、f1, f4, f3, f6 が区別できるようになる。しかしながらこの方法は、診断用パターン生成のためにコスト(処理時間, 辞書サイズ)がかかる。

3. マルチサイクルの機能動作による診断用パターン生成法

与えられたテストパターンに対して、組合せ回路を繰り返し動作させるマルチサイクルテスト方式は、故障検出能力の向上に利用されている[1]。マルチサイクルテストにおいては、組合せ論理の機能パターンを利用するため、通常のシングルサイクルテストで検出不可(可能)の故障を検出する(しない)ことがある。本研究では、診断対象回路の組合せ論理をパターン生成器として活用し、与えられた初期パターンに対して組合せ回路を繰り返し動作させることで故障診断用パターンを生成する方法を提案する。表2に示すように、初期パターン t4 を用いて、組合せ論理を3回繰り返し実行した機能パターン(t4@3cycle)を用いることで、f1 と f4 および f3 と f6 が、それぞれ区別できるようになる。

表2 マルチサイクル機能動作による診断パターン生成

	f1	f2	f3	f4	f5	f6
t1	1	0	0	1	0	0
t2	1	1	0	1	0	0
t3	0	1	0	0	1	0
t4	0	0	1	0	1	1
t4@3cycle	0	0	0	1	1	1

4. 故障診断能力の測定結果

表3に実験を行った回路名と1サイクルでの診断可能な故障数を示す。()内の値は対象故障全体に占める割合である。

表3 回路情報と1サイクルでの診断可能な故障数

回路名	対象故障数	診断可能な故障数
s9234	2078	1027 (49.4%)
b14	3843	2828 (73.6%)

次にサイクル数を2~4まで増やしてグループ分けを行った結果を表4~5に示す。ただし、M/△Sとは、そのサイクルで診断可能な故障の内、サイクル数1の時に診断できなかった故障数であり、()内の値は全体に占める割合を示す。

表4 s9234 回路での診断可能な故障数

サイクル数	診断可能な故障数	M/△Sの故障数
2	1110 (53.4%)	177 (8.5%)
3	1112 (53.5%)	217 (10.4%)
4	1025 (49.3%)	169 (8.1%)

表5 b14 回路での診断可能な故障数

サイクル数	診断可能な故障数	M/△Sの故障数
2	2841 (73.9%)	195 (5.1%)
3	2926 (76.1%)	260 (6.8%)
4	2914 (75.8%)	248 (6.5%)

表4~5より、診断可能な故障数はサイクル数1の時と比べてあまり変化はないが、サイクル数1の時に診断できなかった故障をサイクル数2~4では診断できるようになっていることが分かる。

5. まとめ

マルチサイクルにおける回路の機能動作によって故障診断用パターンを生成する方法を提案した。実験結果より、提案する故障診断用パターン生成法によって、シングルサイクルテストでは診断できなかった故障を新たに診断できることを確認した。

参考文献

- [1] S. Wang et al., "Structure-Based Methods for Selecting Fault-Detection-Strengthened FF under Multi-cycle Test with Sequential Observation," 2016 IEEE 25th Asian Test Symposium (ATS), 2016, pp. 209-214,