

LSI の評価・解析を通じた品質意識の向上 - 大学での試み -

真田 克

高知工科大学 電子・光システム工学科 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町

E-mail: sanada.masaru@kochi-tech.ac.jp

あらまし 大学にて学生への品質意識をどこまで向上させることができるか試行錯誤している。当研究室は LSI の故障解析・診断技術を中心とした評価研究を行なっている。漠然とした研究は実社会から孤立する。そのため、企業においてトラブルが発覚した LSI に関して分けて頂いている。同時にその発生状態を報告頂いている。この LSI を用いて故障箇所の特定制を行い、発生因果関係を含めて議論している。この方式は俄然、学生に社会に貢献しているのだという意識を持たせ、ひいては品質をより身近に感じてもらう動機付けになっている。

キーワード 品質、LSI、故障解析、評価、教育

Improvement of Quality Awareness through LSI Evaluation and Analysis - Trial at University -

Masaru SANADA

Department of Electronic and Photonic Systems Engineering, Kochi University of Technology

Tosayamada-cho,Kami-chi,Kochi,782-8502,JAPAN

E-mail: sanada.masaru@kochi-tech.ac.jp

Abstract At the university, I have executed the trial to improve of quality awareness to the student. My laboratory has treated an evaluation study mainly of analysis and diagnosis technology on the LSI, but the vague study is isolated from the real world, and fault LSI and letter of trouble detection is therefore provided from the industry companies for study. The LSI is analyzed and detected the fault portions, following which the trouble causation is discussed in the laboratory members. This idea gives the awareness to contribute to the society, and the motivation to feel a quality to them.

Keywords Quality, LSI, Failure analysis, Evaluation, Educations

1. はじめに

「なぜ企業からトラブルが発生した LSI を分けてもらい解析するか?」: この目的は、学生に講義ではえられない「品質に対する緊張感」を通して LSI の故障を考えさせることである。そして、この体験を通して「品質」という認識をもって各人の卒論や修論のテーマを決め、研究を行なってもらうことを目的としている。

「そんな簡単に解析ができるのか?」: 幸いに対応する LSI に先端 (DSM) デバイスは少なく、ほとんどが市場に流通している簡単な回路である。又、配線も 3 層ぐらいであり、比較的容易に対応がとれる。そして、電源電流という強力な情報を利用できるためある程度回路が判らなくても故障箇所を検出できる。

「企業がこのような解析に応じてくれる理由は何か?」: 故障品に対して LSI 製造メーカー側が丁寧な対応をとってくれない状況 (特に海外メーカー) と解析専門会社へ頼んだときの価格の高さにある。LSI を購入した会社はそのトラブル原因が判らねば信頼性に大きな問題を抱えることになる。今後トラブルが発生しない

ように早急に対策する必要があるためである。

以上の背景のもとに地域企業と研究室間の考えが一致し社会貢献の 1 つとして「LSI に故障解析」という試みを行なうに到った。図 1 は大学 (当研究室) と企業との関係図である。企業側で発生したトラブル LSI に対して、LSI のカタログと装置内のデバイス配置図及び、トラブル発生または発覚時の様子を報告頂く (図中)。当研究室ではこれらの情報をもとにどのように故障箇所を絞り込むが議論とスケジュールを立てる。このような対応をするために、事前に講義やセミナーを設定し ()、又できる範囲での機材を準備する ()。そして解析の経験を積みながら何が自分の研究テーマに相応しいか選択する ()。以上を通して品質と関係つけながら卒論や修論を遂行していく ()。

本報告は 2 章にて LSI 評価方式としての電源電流に関して述べる。3 章にて依頼された LSI の解析事例を述べる。次に、4 章にて品質を認識させるための講義やセミナー内容と、これまでに扱ってきた研究テーマに関して報告する。そして最後のまとめを行なう。

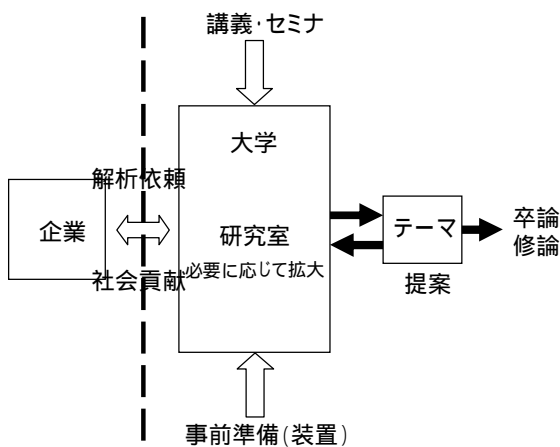


図1 大学(当研究室)と企業との関係図

2. 情報としての電源電流

故障箇所の特定にあたり用いる技術は電源電流である。電源電流は体内を流れる血液と同じである。体内異常は血液の分析から異常内容を推測できるようにLSI内部の異常は電源電流の分析から異常箇所候補を推測できる。又、発生箇所は異常発熱や発光、それに異常電流といった物理現象を伴う。前者に対して電流異常が顕在化する論理の分析から異常箇所候補を特定するソフトウェアの研究を、後者に対してこれらの現象を観察するハードウェアの研究を行なっている。

ところで、CMOS_LSIにおいて、論理が安定した状態での電源電流を I_{DDQ} (Power supply voltage) と呼ぶ。LSI内部に異常があれば I_{DDQ} は正常に比べ大きな値となる。これを I_{DDQ} 異常と呼ぶ。図2は従来から広く使われている論理情報と I_{DDQ} 情報によるLSI評価方法(テスト・解析・診断)を示す図である。ほぼ同じ評価手法で対比できるが I_{DDQ} 情報は論理情報に比べて検出感度が高い、また扱いが簡単という大きな特徴を有している[1]。

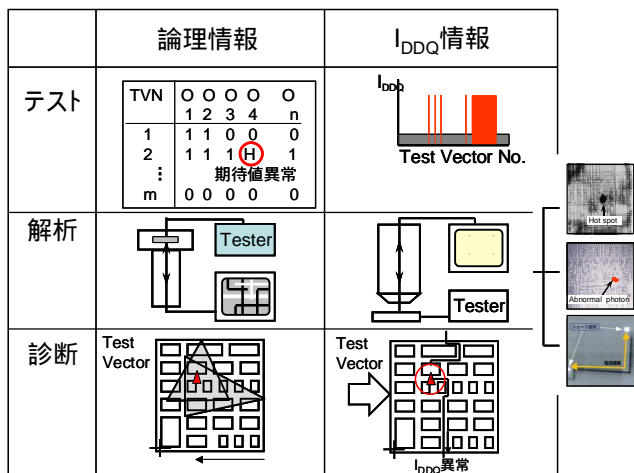


図2 論理情報と I_{DDQ} 情報によるLSI評価方法

そのため、回路や動作内容に不備があっても、 I_{DDQ} で補うことができる。

< 解析の基本 >

当学科ではLSI解析を含む化学処理において、化学薬品の取扱いには企業並みの管理体制をとっている。薬品講習受講の義務とIN-OUT管理及び、廃棄方法の徹底である。これは品質の観点から大変重要なアイテムである。

電気的特性を破壊せずにLSIモールドパッケージ(PKG)を開封する作業は基本である。開封装置がないため、開孔箇所の周りを耐酸性シートで被い、発煙硝酸にて溶かす。この訓練は研究室の学生全員に訓練させている。現在、形状1mm以下のPKGの開封に成功している。図3は開封前後の像である。

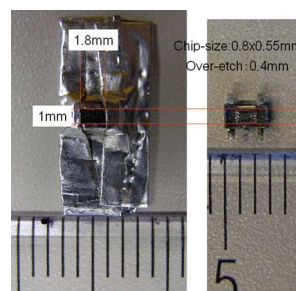


図3 PKG開封前後の像

以上、故障を作り込んだLSIとともに企業からのトラブル品を譲って頂き、品質を念頭にした電氣的現象と理論との対応、そしてどうしたら予防できるかといった研究を行っている。

3. これまでの解析事例

これまでの依頼されたトラブル品の解析結果は75%が入力回路部のESDによる破壊であった。図3にこれらの事例を紹介する。

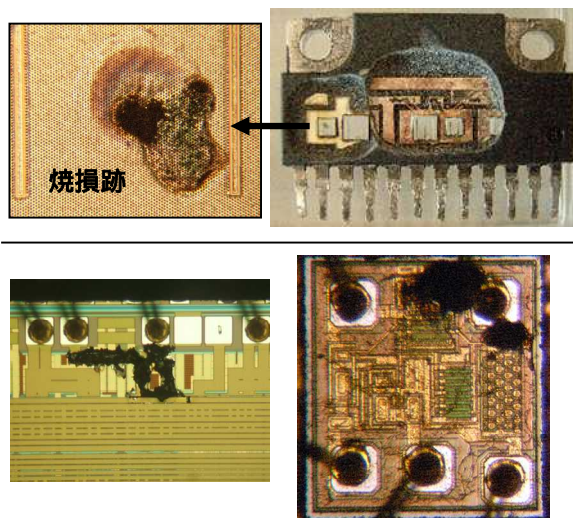


図3 ESDによる破壊箇所

外觀で破壊箇所の検出できないものは液晶を用いた発熱解析(図4)や発光解析(図5)から故障箇所を特定を行なっている。

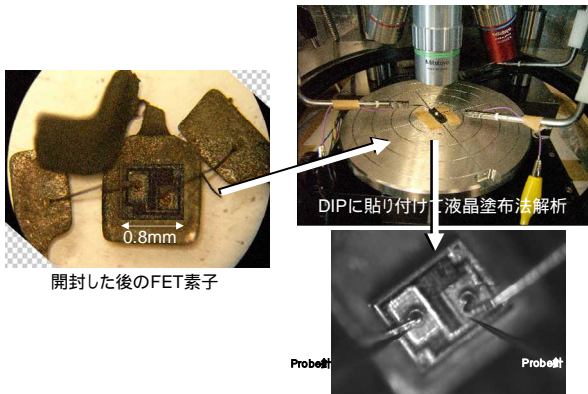


図4 液晶を用いた発熱解析(プロービングによる解析)

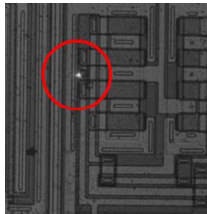


図5 発光解析(冷却 CCD を用いた検出)

これらの事例を通して品質を考えた時、ではなぜこのような現象が起きるのか、予防のために何をすべきかという議論から ESD 試験器を自作し、破壊の仕方を検討する研究が生まれた[2]。

< 品質の観点からの再現実験 >

LSI の故障を作り込もうとしても思うように壊れない。一方で企業からの故障 LSI は簡単に壊れる。そのため、VDEC 利用による故障を作りこんだ LSI を設計・製造や(図6にオープン故障とショート故障の回路例を示す) またレーザー(YAG: 532nm) 照射による断線箇所の作成を行っている。

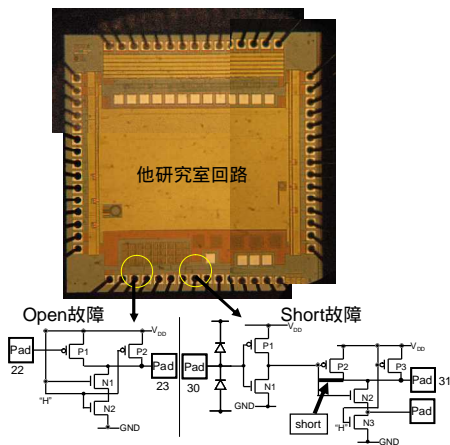


図6 VDEC 利用による故障回路設計

4. 品質関連の講義やセミナーと研究内容

図7はどのようにして品質への意識を高めていくか研究室独自のカリキュラムによる向上策を示す。横軸は時間であり、どのようなステップを踏んでいくかを記載したグラフである。

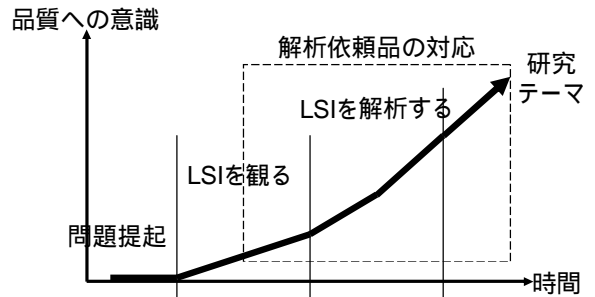


図7 品質への意識の向上策

【問題提起】

形あるものは壊れる、LSI も同じ・・・なぜか? といった調査テーマを自からの考えでまとめさせ発表させている。この内容は Web にてほとんど検索できないため面白い内容が報告されている。

【LSI を観る】

まず、実験を行う上で厳守すべき、化学薬品取扱い (IN-OUT、廃棄) とレーザー取扱いを集合教育する。薬品は登録者以外使用できない。その後、市販品 LSI (規模は約 50Tr ぐらい) を開封し LSI パタンから回路 (Tr レベル) を識別させる実験と、実験故障を作りこんだ回路 (Tr を基板に組んだ擬似 LSI 化) に対して実測とシミュレーションの比較評価実験を行う。

【LSI を解析する】

主に I_{DDQ} 異常がもたらす物理現象 (発熱、発光) を理解させ、これらの現象を実験させることで電源電流の面白さを体験させる。さらに故障の作り込みを行なわせる。レーザーやプローバ針による断線及び、酸化膜へのダメージ、さらにはプローバ針によるショート故障の作成で故障を作る。そして電気的特性と物理解析でこれらの因果関係をまとめる。さらに、品質の観点からこのような現象が LSI 内部では何らかの原因で作り込まれることの意味、そしてこの予防に関して議論し合う。

【研究テーマ】[3]

卒業研究にあたり 5 つ大きなテーマから選択させている。解析装置の自作 / 故障に伴う物理現象の研究 / 母体品質の推定 / 診断シミュレーション開発 / これらを統合した故障現象の研究 である。これらの実験研究をアシストするために、故障物理、数理統計、故障モデルに関するセミナーおよび、DSM 化に伴う問題点とその技術開発動向を講義している。

* 装置の自作： 冷却 CCD を用いた発光解析装置
ESD 試験器の作成(3つのモデル：C D M / M M / H
B M) 簡易テスト装置 (FPGA 利用のテスト)

に関して図 8 は研究室で開発した微小発光を検出する簡易装置である。発光感度の向上のための水冷 CCD ($\text{max}=1100\mu\text{m}$) を用いたノイズ低減策と波長帯域をカバーするレンズの購入及び、LSI 内部の任意箇所に信号を入力するためのプロービング装置を組み合わせたシステムであり、シールドした木箱で全体を覆うことで微小光検出の工夫を行っている [4]、

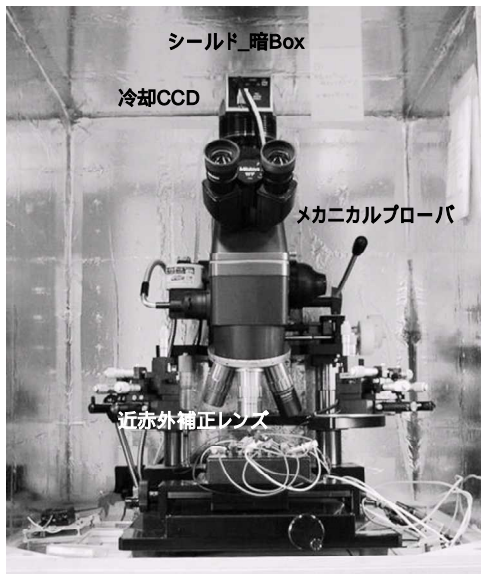


図 8 微小発光を検出する簡易装置

の ESD 試験器に関しては 3 つのモデル(MM、HBM、CDM)によるパルス印加が可能な装置を開発した[2]。

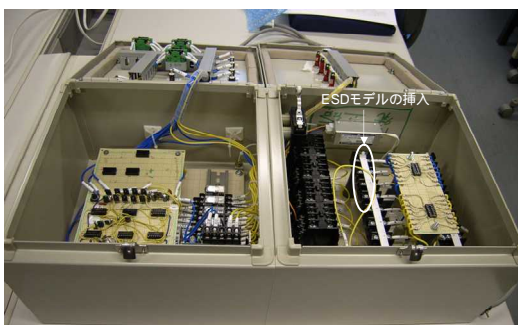
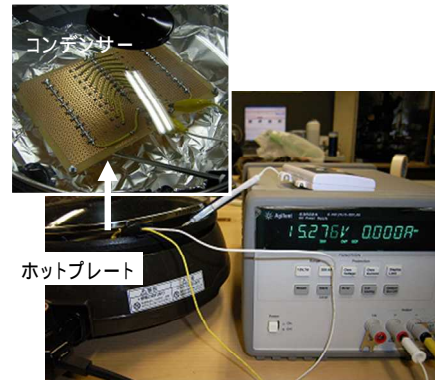


図 9 ESD 試験器

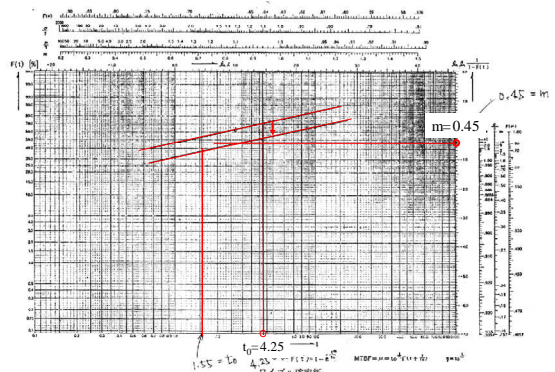
- * 物理現象の研究： 故障がもたらす異常発熱現象
異常発光現象の解析
- * 母体品質の推定： 電子部品 (コンデンサー) の母体品質の推定

本件は市販のタンタルコンデンサーに関してサンプリングから母体の品質の推定を試みた研究である。温度

加速によるリークから劣化を推定した。形状パラメータ $m < 1$ ということから劣化に到る傾向はつかめなかった (図 10 参照)。品質や信頼性の点で今後も計画する予定である。



実験状況



ワイブルプロット

図 10 タンタルコンデンサーの母体品質の推定

- * 診断シミュレーション： 電源電流を用いた故障箇所特 DSM 化に伴う電源電流を用いた故障 LSI に識別方法 L S I 断面構造シミュレーションと故障発生要因の対応研究 素子レベルでの故障箇所候補の絞り込みソフトウェアの開発
- * 故障現象の研究： C M O S ・ L S I のオープン故障の特性解析実験と識別方法の研究 画像表示による LSI 動作解析のための研究

以上、品質への意識を持ちながら LSI 評価を実施する研究室独自のカリキュラムを紹介した。

【解析依頼品への対応】

独自の研究テーマをベースに解析依頼された LSI に対して故障箇所の絞り込みを行なっていく。研究が実社会に役立つものかを知る上で貴重な経験となる、そして、問題点を改良し又は、後輩に改善依頼を行ないながら研究内容を充実していく。

今後の計画としては「解析事例のデータベース化」である。これは研究室でのエキスパートシステムを構築すべく検討中である。このデータには品質としての考え方が含まれる。

5. まとめ

研究室を立ち上げて3年弱であり、本テーマの主旨に沿ったLSI評価にまだまだ遠い位置にいる。現在、研究室では高価な装置類は可能な範囲で自作し、テーマに沿ったソフトウェアを自作することで研究室の環境を整えている。そして目標は診断と解析を組み合わせた効率的なシステムの構築であり、その過程に品質のKeywordを取り込んでいく。そのために地域企業殿から故障LSIを分けて頂き、そのトラブル内容をベースにしながら解析し、その結果を品質の観点から考察する。

この効果は、1つは品質は大変な努力の上に構築されるということ、もう1つはこれらを遂行する上でサンプルを丁寧、慎重に扱い、他人に認めてもらう報告書を書く教育にある。そして物と人の品質を向上させながら研究を進める態度は社会へ送り出す大学の義務である。

謝辞

協力頂きました高知県内企業の方々及び、このようなシステムに対してフォローいただいた当大学研究支援部の皆様にお礼申し上げます。研究室の卒業生や在学生はこれらの主旨を理解し、研究と故障解析を両立して頂いた、もしくは頂いていることに感謝します。

文 献

- [1] 真田、“ I_{DDQ} を用いたCMOS-LSIのテストイング・故障解析・故障診断”、REAJ、Vol.24、No.8、pp.711-729、2002
- [2] 山崎、真田、“簡易ESD装置の開発とその適用検討 - ESD破壊現象の特定 - ”、信学技報 R2007-59、EMD2007-114、pp.1-5、2007
- [3] 高知工科大学 電子・光システム工学科、学士論文：2006、2007度
- [4] 有田、橋田、真田、“故障LSIのための簡易発光検出装置の開発”、平成19年度電気関係学会四国支部連合大会 9-15