

IC ウェーハテストデータの活用

Utilization of IC Wafer Test Data

岡田 光太郎*
Kotaro Okada

佐藤 忠充*
Tadamitsu Sato

寺田 一揮*
Kazuki Terada

概要 ウェーハテストの主目的は良品選別であり、長年テスト時間(生産性)が重視されてきた。

そのため量産時の測定結果はデータ容量の制限から限られたデータのみが保存されており、チップごとの測定結果は保存されずウェーハテスト後のデータ解析には限界があった。

近年の情報技術の発展により大規模なデータ処理が可能となったことから、ウェーハテスト時に全チップ全測定項目のデータ保存が可能となった。これにより測定データを有効に活かすことができ、問題発生時の要因切り分け、原因調査の工数削減、前工程へのフィードバックの迅速化が可能となった。本稿では実際のウェーハテストのデータ解析と活用事例に関する報告を行う。

1. まえがき

これまでウェーハテストの結果は半導体テストがあつかえるデータ容量の制限から良品・不良品の判別が重視され、ヒストグラムやウェーハマップなどの情報量が削られた一部のデータのみが保存されていた。良品選別目的であれば問題無いが、このような限られたデータではチップごとの測定データも無いためウェーハテスト後のデータ解析には限界があった。

現在では半導体テストも大容量のデータをあつかえることが可能となり、ウェーハテスト時の全チップ全測定項目の測定データを保存できるようになった。これによりウェーハテストのデータを良品判別以外にも有効に活かすことができ、問題発生時の要因切り分けや原因調査の工数削減、製造工程・設計へのフィードバックの迅速化が実現できるようになっている。

本稿では実際のウェーハテストのデータ解析と活用事例に関する報告を行う

2. ウェーハテストの測定データ

ウェーハ1枚には数千から数万チップが存在しており、ICのウェーハテストでは数百以上のテスト項目が実施されている。1チップ1項目ごとのデータを保存す

る形式として最も使用されているものはStandard Test Data Format (STDF) というバイナリ形式であり、1Lotあたりのデータ容量がGBオーダーとなることも珍しくない。人間が扱いやすいアスキー形式に比べればデータ容量は半分程度になるが、それでもヒストグラムやウェーハマップなどに比べたら数百倍のデータ容量となる。

そこで我々はこの大容量データから過剰・不要な部分を削除、測定値の単位を揃えるなどの最適化をおこないSTDF形式の1割未満までデータ容量を削減することに成功した。そして容量を削減したことで量産品に対しても全チップ全測定項目の測定データを取得することが可能となった。

本稿ではこの容量を削減したデータのことをログデータと呼ぶ。

3. 解析事例の紹介

3-1. ヒートマップの活用

ログデータを保存していない時は面内の座標と対応をとれる情報がFail BINを示すウェーハマップ(図1)のみであったが、ログデータを保存することで測定項目ごとのヒートマップを作成できるようになった。図2は一部のみを取り上げたが、同様のヒートマップを数百個作成することが可能である。

図1では表現できない特性のバラつきを図2では表現することができる。色が濃いチップは測定値:大、色が薄いチップは測定値:小で表される。例えば図2のヒ-

*技術開発本部 プロセス技術統括部
IC デバイス開発部 テスト課

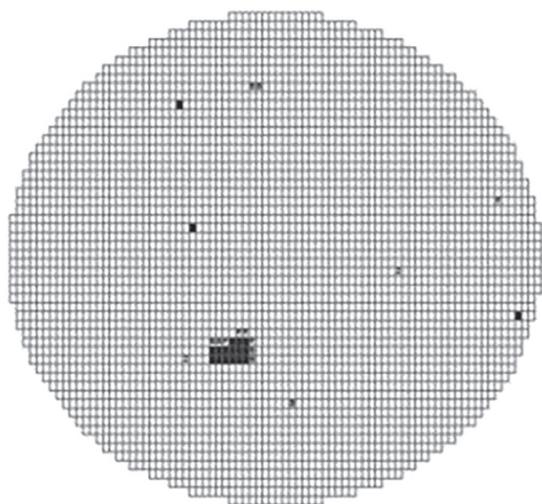


図1 Fail BINを示すウェーハマップ

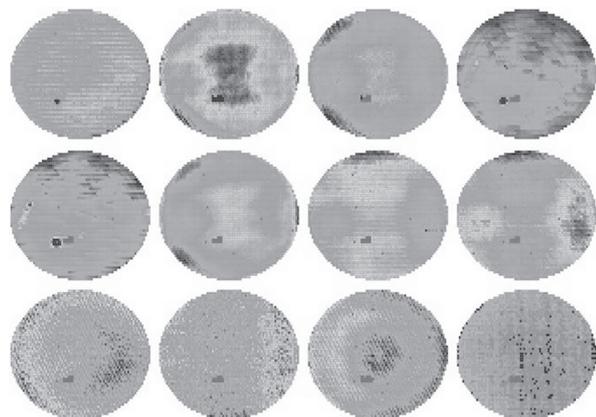


図2 測定項目ごとのヒートマップの一部

トマップを見ると図1の不良分布の近くで特性が異なるチップが存在していることがわかる。

このようにヒートマップはPCM (Process Control Monitor) に現れない場所の不良原因特定や面内均一性に見える化などで前工程の改善に大きく寄与している。

3-2. 相関解析を用いた特性変動要因の推定

あるICの出力測定(項目A)にて測定値が回路シミュレーションと異なった。この特性に影響を及ぼす要因は測定要因・回路要因ともに多く考えられ、ヒストグラムやヒートマップの分布からは要因の特定が困難だった。そこでログデータより問題となった項目Aとその他全項目との相関解析を実施し相関係数が高い項目(項目B)を抽出した(図3)。

この抽出した項目Bと項目Aの共通点に着目し調査することで特性変動の要因となる回路上の素子を特定することができ、その結果を設計部門へフィードバックする事ができた。

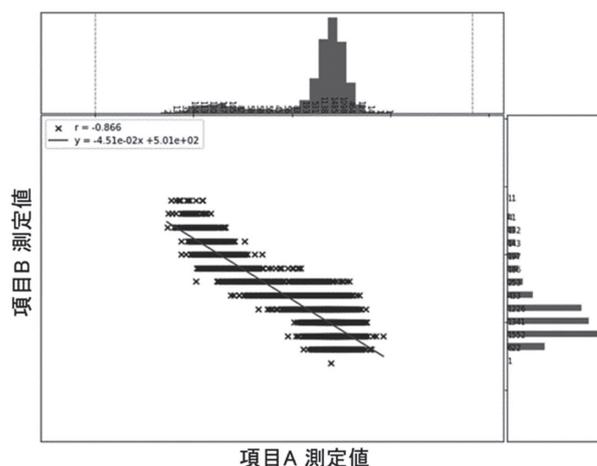


図3 2項目間の相関

3-3. 検査時間の活用

ログデータには電気的特性以外に各チップの検査開始時間が記録されており、これを活用した事例を紹介する。

高温のウェーハテスト時、プローブカードの針先とICの電極間の接触不良が多く発生する事が経験則でわかっていた。安定した接触性を保つためにプローブカードの針先のクリーニングや、温度による針位置の変動を補正するための針位置確認を定期的実施している。このクリーニングや位置補正が実施されたタイミングはログデータの各チップの検査開始時間から確認できる。

図4に不良チップ、図5に検査時間から求めた位置補正実施箇所を示した。○で囲ったチップは不良チップの座標と位置補正を実施した座標が一致しているチップである。図4を見ると不良は1チップを除いたすべてで位置補正実施のタイミングで発生していることがわかる。不良判定チップはプロセス要因ではなく測定要因と切り分けることができた。

この結果は高温環境で使用されているプローブカードの針がクリーニングシートやカメラがある常温環境のもとに移動すると針位置が短時間でも大きく変動してしまうことを示している。

このように経験則から推定されていた現象をログデータから裏付けする事ができた。

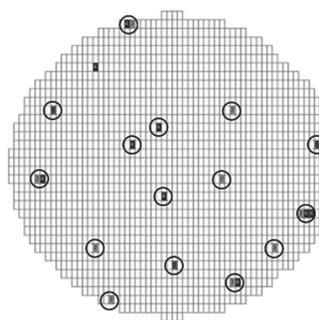


図4 Fail チップ

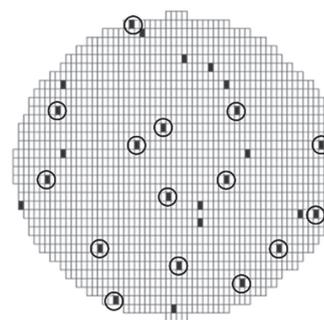


図5 位置補正実施箇所

4. ログデータの活用方法

ウェーハテストは基本的には測定を行いその結果から不良判定をおこなうが、これとは別にログデータからデータ解析を行う工程を追加する事で従来の検査では検出が困難だった特性異常品を不良としてリジェクトする事が可能となる。以下にログデータを活用した不良リジェクト手法を紹介する。

4-1. 温度特性異常の検出

複数温度で検査した際、図6のように各温度の検査では判定規格 (USL: 上限規格、LSL: 下限規格) 内となり良品となるが、sample 1のように温度特性が通常と異なる特性となることが考えられる。このようなチップでは温度特性自体を検査しなければ不良としてリジェクトする事はできない。

実際に顧客から返却されたチップを調査したところ温度特性に異常が確認できた事例が報告されている⁽¹⁾。この事例にあるように温度特性を検査する事でウェーハテストの時点で問題のあるチップをリジェクトできる可能性がある。現行の温度特性の検査は限られた項目に対し実施しているが、ログデータを用いればチップごとの測定値が記録されているため、あらゆる項目に対し容易に温度特性の検査が導入可能となる。

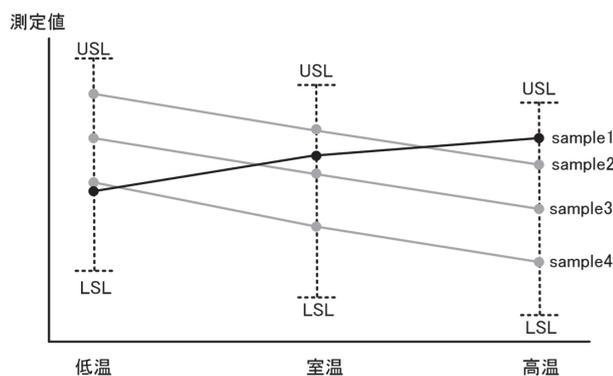


図6 温度特性異常の例

4-2. 項目間の相関から分布外れチップを検出

ある測定項目に対し項目間で差分をとるような項目を実施しているが、ログデータを用いる事で統計的な処理を用いた判定が可能となる。例として入力条件違いの電流測定項目、条件A・条件Bとその差分項目のヒストグラムを図7に示す。

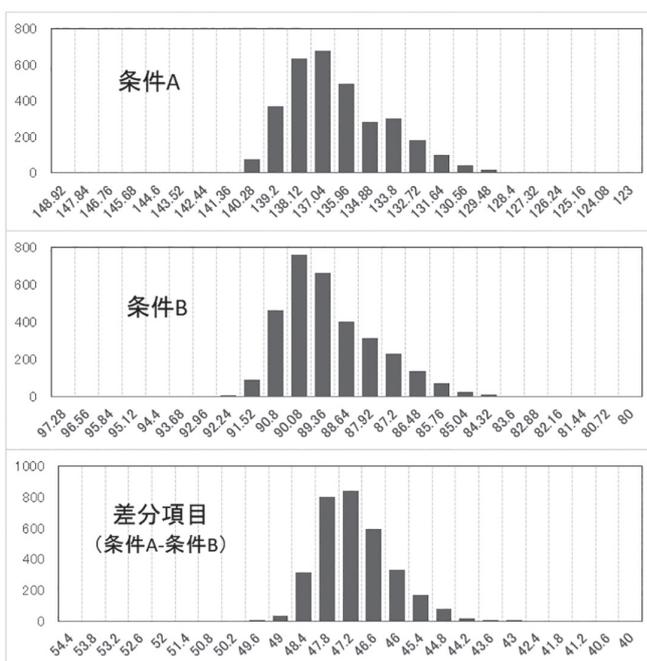


図7 電流測定値のヒストグラム

条件A・条件B・差分項目ともにヒストグラムを見ると分布の山から大きくはずれるようなチップは確認できない。しかし図8のようにログデータから条件Aと条件Bの相関を確認すると相関からはずれるチップが1チップあることがわかる。このチップは差分項目では分布下限に位置しておりヒストグラムからは異常とは判別できない。このようにこれまで検出が難しかった相関分布からはずれたチップを分布はずれチップとしてリジェクト可能となる。

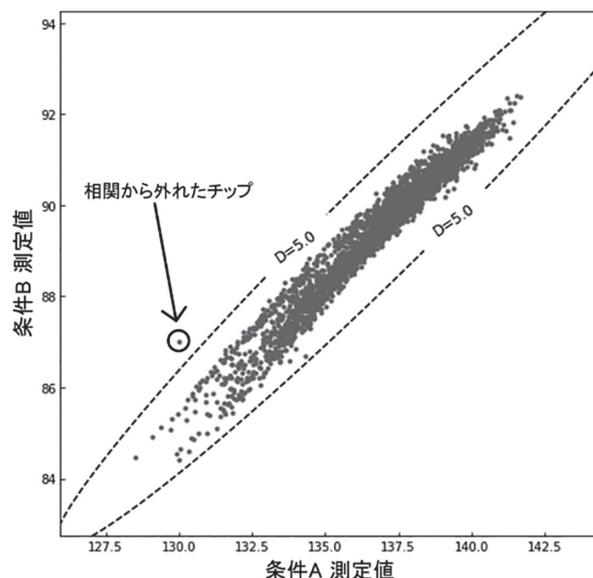


図8 条件違いでの電流測定値の相関

4-3. 座標に基づいた判定の実施

ある測定項目のヒストグラムを図9、ヒートマップを図10に示す。図10については図2と同様に色が濃いチップは測定値：大、色が薄いチップは測定値：小で表現している。このヒストグラムは分布外れチップが無く特性上は問題無く見える。しかしヒートマップを確認すると、右上部に周辺チップと比較して色合いが異なる(測定値が大きく異なる)チップが存在する。このチップは図9のヒストグラムでは+2σに相当する値となっており分布外れチップとして検出する事は困難である。しかし例えば図10の黒枠で囲った範囲内のチップの測定値から計算すると+6σに相当する値となり分布はずれチップとして検出可能となる。

このように座標にもとづいて測定値を判定することでこれまで検知できなかった分布はずれチップの検出が可能となる。

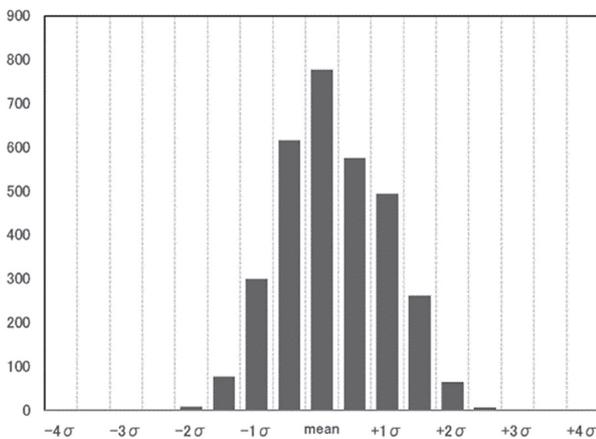


図9 ヒストグラム

5. むすび

本稿では2章でウェーハテスト時の全チップ・全データを保存するために行った取り組み、3章でログデータを活用し製造・設計・検査工程へフィードバックした事例を紹介した。これらはログデータを有効活用した成果である。4章ではログデータを活用した各種手法を紹介した。このようにウェーハテスト後にログデータ解析工程を導入することでこれまで困難だった異常チップの検出が可能となる。

検査を、良不良判定を行うだけの工程で終わらせるのではなく、ログデータを活用することでウェーハテストのさらなる付加価値向上を目指していきたい。

参考文献

- (1) Q. Wang, T. Kyuho, H. Saihara, T. Kitamura, K. Yonemura, H. Kariyazono, "Reliable screening for zero-defect quality improvement by temperature gradient testing", 2013 e-Manufacturing and Design Collaboration Symposium, eMDC 2013, Sept.2013, DOI: 10.1109/eMDC.2013.6756043

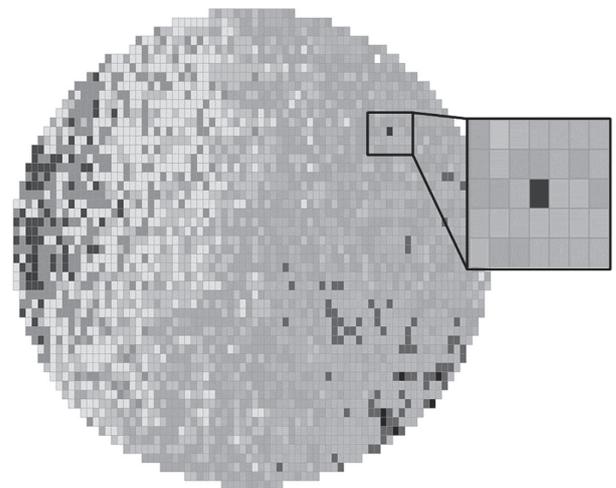


図10 ヒートマップ