

# 故障解析技術TF

故障診断技術動向:大量診断(Volume diag)について

## アウトライン

### 故障診断(diag)技術

- 診断の位置付け
- 必要性
- 診断方法

### 大量診断(Volume diag)技術

- 大量診断(Volume diag)とは
- 大量診断の効果

### まとめと今後の課題

- 大量データの取得とコストとの兼ね合い
- 既存のYMSとの連携

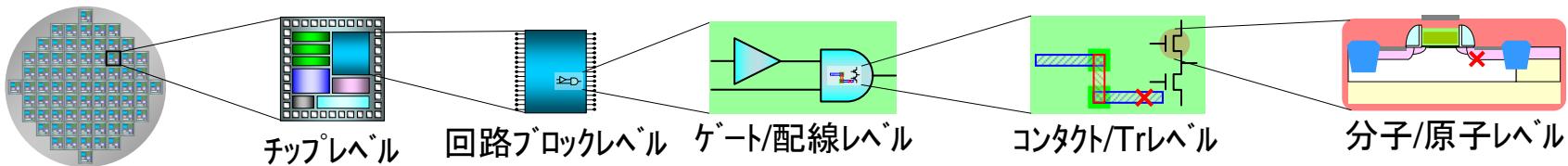
則松 研二 (STRJ委員:(株)東芝 セミコンダクター社)

# メンバー

リーダー	二川 清	NECエレクトロニクス(株)
サブリーダー	益子 洋治	大分大学
委員	伊藤 誠吾	富士通マイクロエレクトロニクス(株)
"	朝山 匡一郎	(株)ルネサステクノロジ
"	小守 純子	(株)ルネサステクノロジ
"	小西 永二	NECエレクトロニクス(株)
"	長田 辰也	OKIセミコンダクタ株式会社
"	利穂 武俊	三洋半導体製造(株)
"	朝比奈 秀夫	シャープ(株)
"	池田 洋直	セイコーディプロス(株)
"	則松 研二	(株)東芝 セミコンダクター社
"	平賀 則秋	ローム(株)
"	西塚 勝	ソニー(株)
半導体部会関連会社	佐藤 康夫	(株)日立製作所
コンソーシアム	小川 真一	Selete
特別委員(大学)	中前 幸治	大阪大学
"	眞田 克	高知工科大学
"	上野 和良	芝浦工業大学
特別委員	中島 蕃	デバイスナノアナリシス(株)
"	足立 達哉	エスアイアイ・ナノテクノロジー(株)
"	三井 泰裕	(株)日立ハイテクノロジーズ
"	二村 和孝	(株)日立ハイテクノロジーズ
"	寺田 浩敏	浜松ホトニクス(株)
"	須賀 三雄	日本電子(株)
"	橋本 秀樹	(株)東レリサーチセンター

# 故障診断(diag)技術

## 故障診断技術の位置付け



### 故障箇所絞り込み

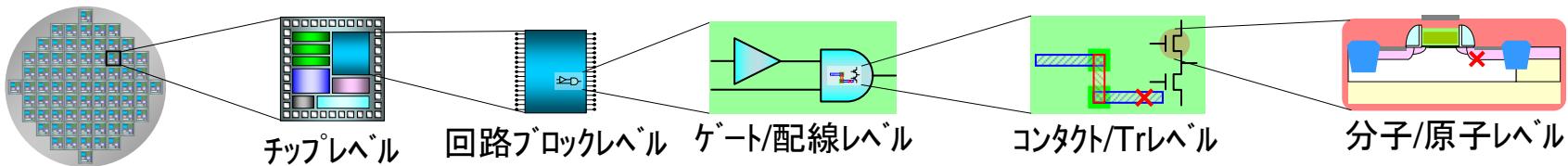
### 物理化学分析

通常SOC製品の故障解析は、不良箇所を絞り込む「故障箇所絞り込み」を行い、特定された箇所を分子/原子レベルで解析/分析し、故障メカニズムを特定する「物理化学分析」を行うというアプローチが取られる。

この故障箇所絞り込みは、不良が発生したウェーハ/チップレベルから出発し、最終的にはvia/トランジスタレベルまで絞り込む事になるが、近年ではハードウェアを用いた物理的な観測だけでなく、ソフトウェアによる故障診断で候補を絞り込む手法を併用する事が一般的となっている。

# 故障診断(diag)技術

## 故障診断技術の位置付け



### 故障診断(ソフト解析)

### 物理観測(ハード解析)

### 物理化学分析

通常SOC製品の故障解析は、不良箇所を絞り込む「故障箇所絞り込み」を行い、特定された箇所を分子/原子レベルで解析/分析し、故障メカニズムを特定する「物理化学分析」を行うというアプローチが取られる。

この故障箇所絞り込みは、不良が発生したウェーハ/チップレベルから出発し、最終的にはvia/トランジスタレベルまで絞り込む事になるが、近年ではハードウェアを用いた物理的な観測だけでなく、ソフトウェアによる故障診断で候補を絞り込む手法を併用する事が一般的となっている。

# 故障診断(diag)技術

## 故障診断技術の必要性

➤物理化学分析で故障原因を究明するためには、正確な故障箇所絞り込みが必須。

- via/contact、欠陥位置レベルでの故障箇所特定が必要。  
↔配線、セルレベルの特定では不十分。



➤短TAT且つ正確に故障箇所絞り込みを行うには、物理観測対象が可能な限り限定されている事が望ましい。

- 一般にハードウェアによる物理観測は、長TAT⇒観測対象をできるだけ少なく
- 半破壊解析の一般化⇒正確且つ少数への観測対象の絞込み必須



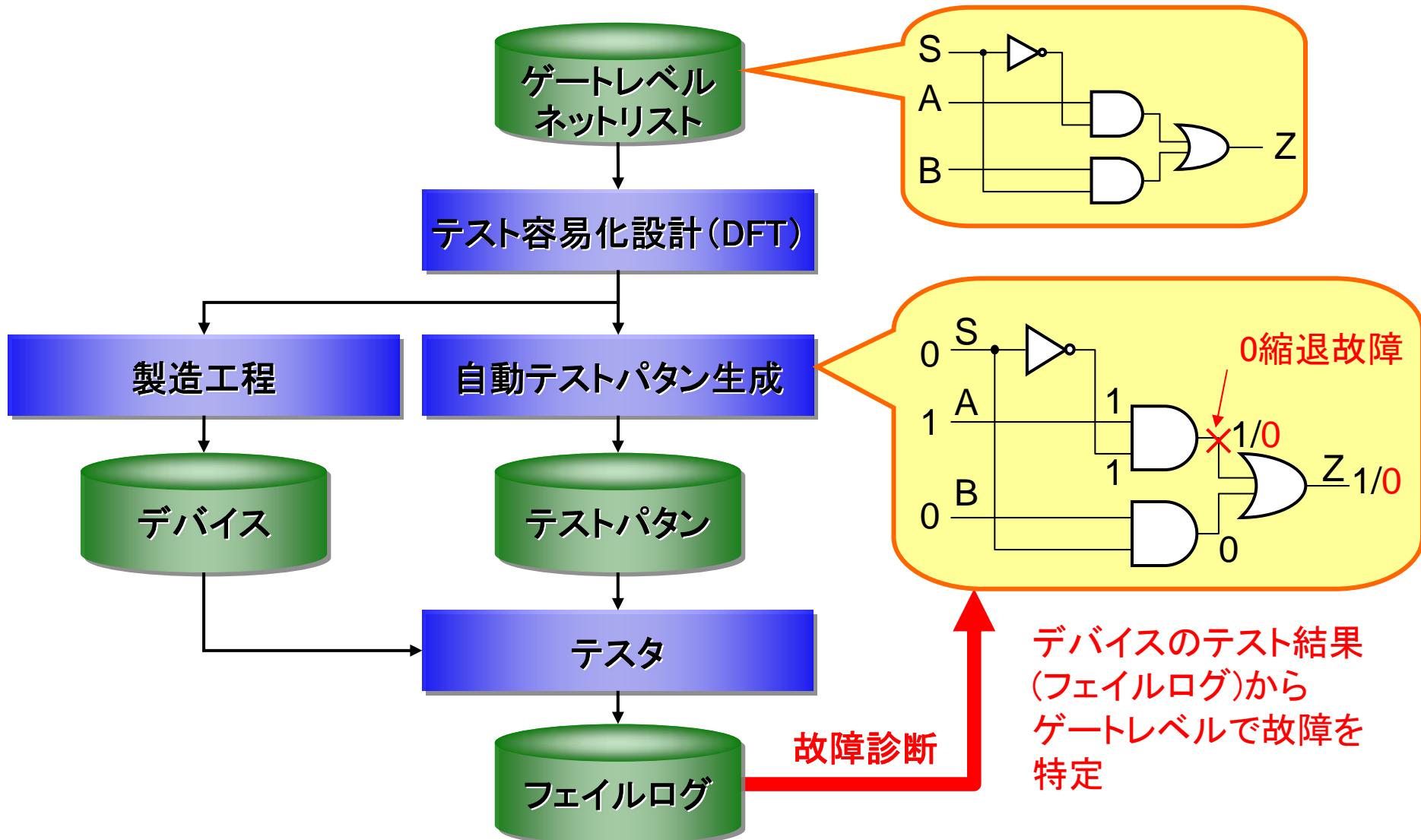
➤デバイスの巨視的(電気的)な振る舞いから故障箇所を絞り込む事が必要。  
➤SOC製品では設計情報無しの絞込みは困難。



## CAD/CAT情報を活用した故障診断(diag)技術

# 故障診断(diag)技術

## テストフローとの関係



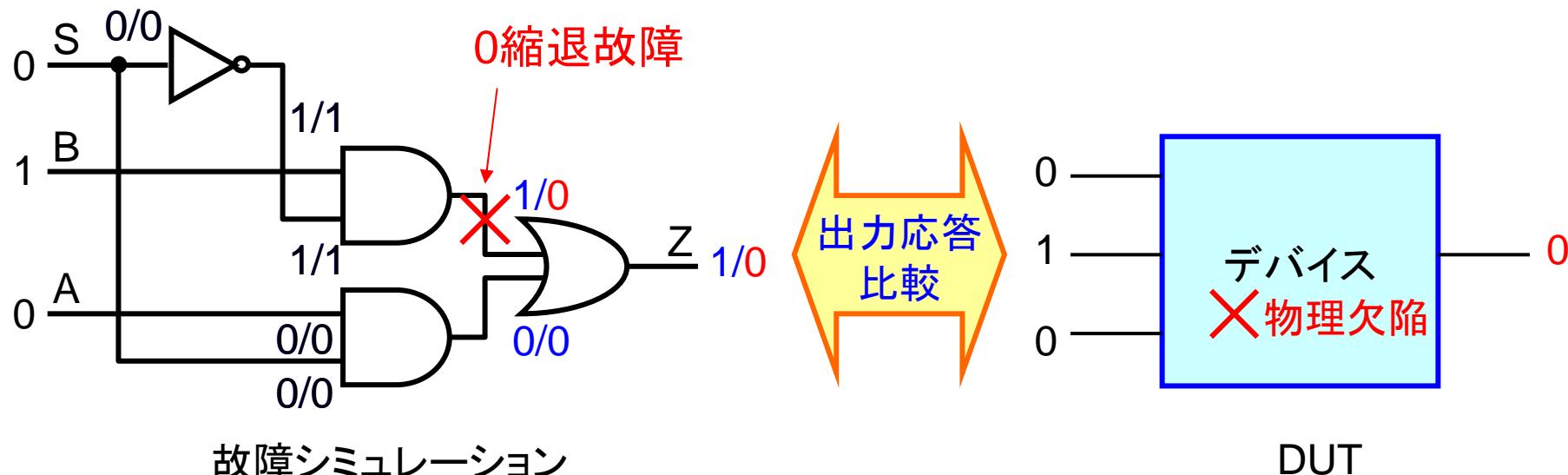
# 故障診断(diag)技術

## 故障診断方法

故障を仮定した論理シミュレーションの出力応答と実際のデバイスの出力応答を比較

### ➤ 故障とは？

- 物理欠陥の振舞いを論理的なモデルに置換えたもの
  - 縮退故障, 遅延故障, クロストーク故障など

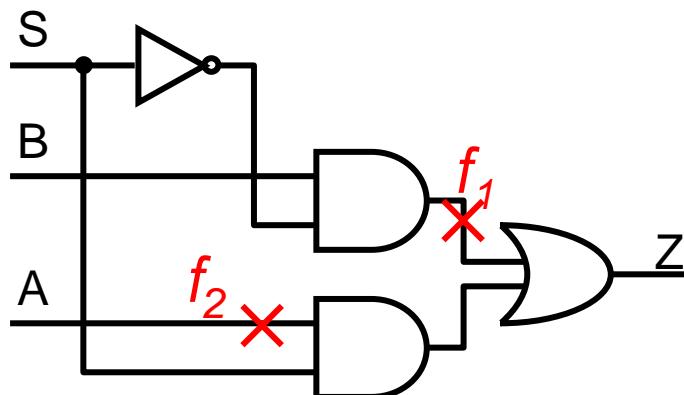


故障シミュレーションの出力応答と実際のデバイスの出力応答が一致していれば、故障を仮定した箇所にあたる実際のデバイスの箇所に高い確率で物理欠陥が存在

# 故障診断(diag)技術

## 故障診断結果の評価方法

故障シミュレーションの出力応答と実際のデバイスの出力応答が一致したパターン数でスコア化



故障 $f_1$  出力応答

故障 $f_2$  出力応答

故障 $f_1$ のスコア:

$$\frac{3 + 1}{4} \times 100 = 100$$

故障 $f_2$ のスコア:

$$\frac{1 + 0}{4} \times 100 = 25$$

フェイルログ

#pat.	Z
P <sub>1</sub>	0/0
P <sub>2</sub>	1/0
P <sub>3</sub>	0/0
P <sub>4</sub>	0/0

#pat.	A	B	S	T	F
P <sub>1</sub>	0	0	0	0	0
P <sub>2</sub>	0	1	0	1	0
P <sub>3</sub>	0	0	1	0	0
P <sub>4</sub>	0	1	1	0	0

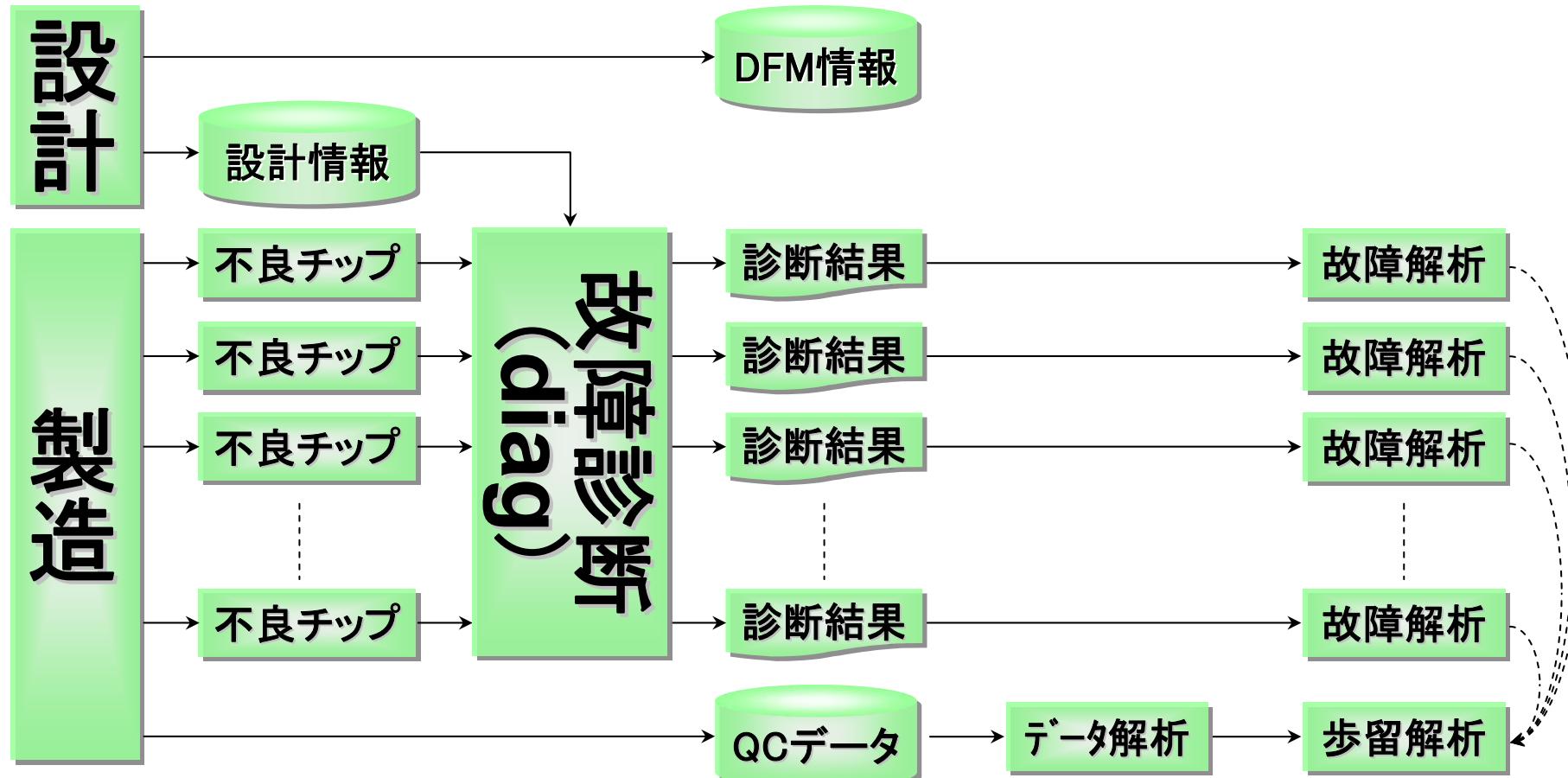
#pat.	A	B	S	T	F
P <sub>1</sub>	0	0	0	0	0
P <sub>2</sub>	0	1	0	1	1
P <sub>3</sub>	0	0	1	0	1
P <sub>4</sub>	0	1	1	0	1

故障 $f_1$ のスコアが高いので  
 $f_1$ の箇所にあたる箇所に  
欠陥がある可能性が高い

# 大量診断(Volume diag)技術

## 大量診断(Volume diag)とは

故障診断から大量診断へ

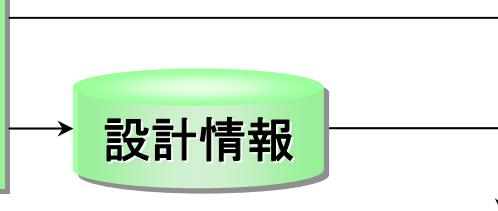


# 大量診断(Volume diag)技術

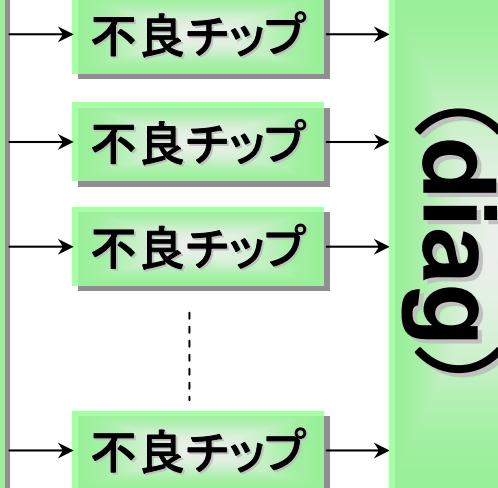
## 大量診断(Volume diag)とは

故障診断から大量診断へ

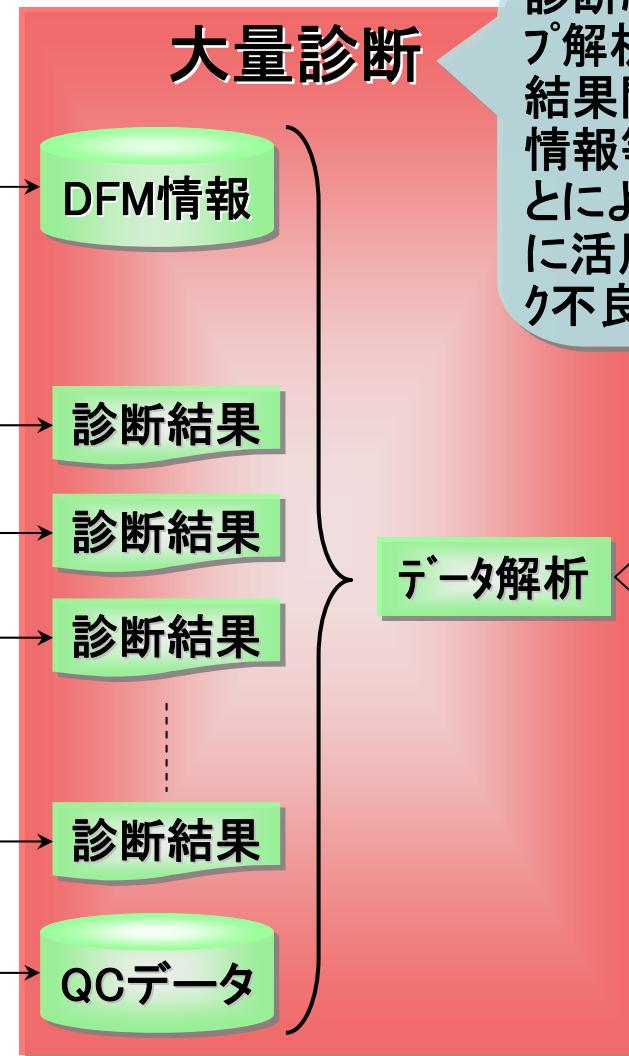
**設計**



**製造**



**故障診断 (diag)**

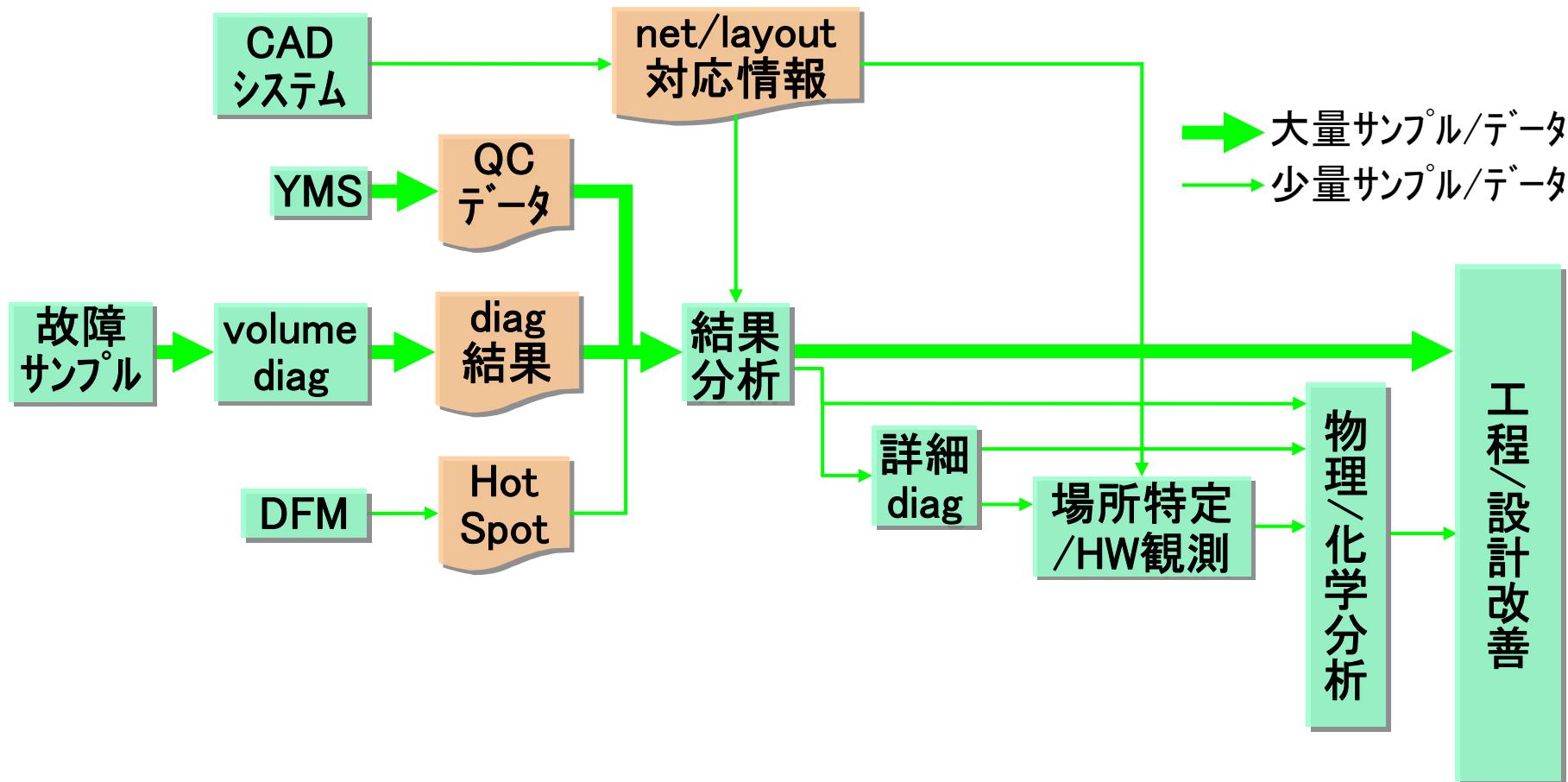


診断結果を、個々のチップ解析だけでなく、診断結果間、QCデータ、DFM情報等と相関を見るこことにより、歩留まり解析に活用。特にシステムatica不良の特定に有効。

# 大量診断(Volume diag)技術

## 大量診断の効果(1)

期待される効果: ハードウェア(HW)観測無しに、故障原因特定  
 ⇒ フィードバックTATの短縮

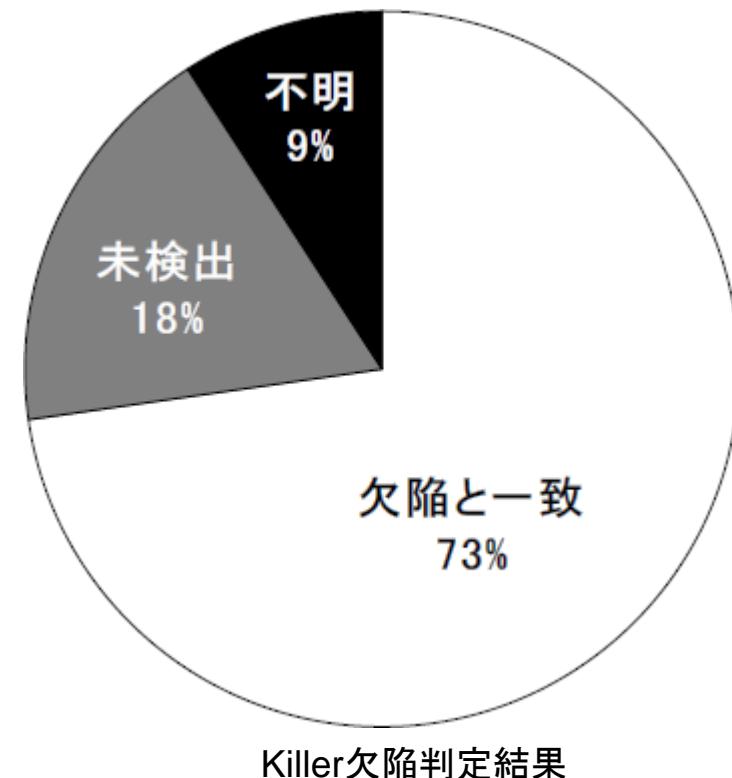
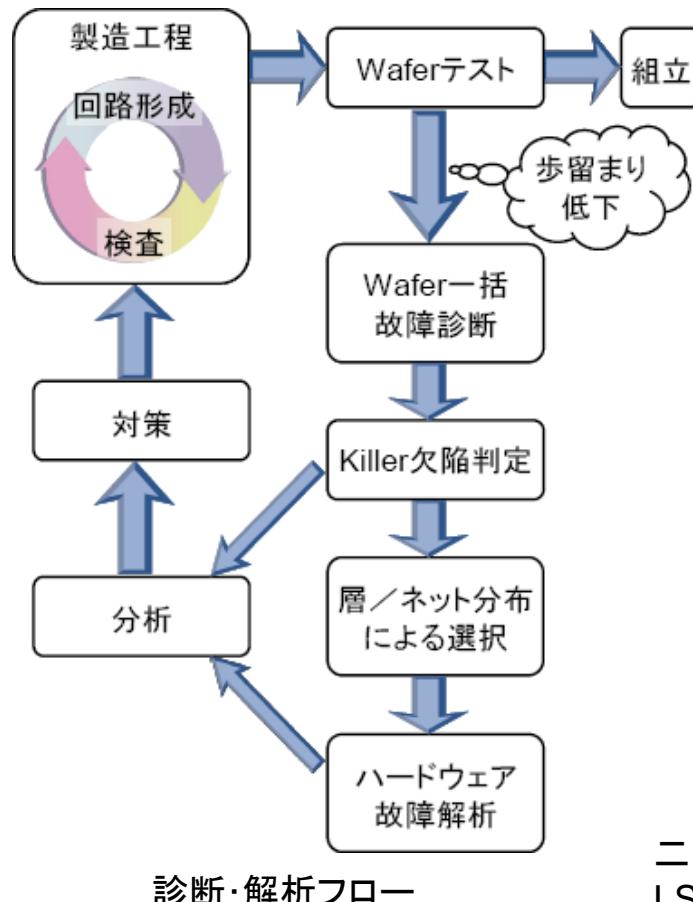


# 大量診断(Volume diag)技術

## 大量診断の効果(2)

### 欠陥起因故障箇所の特定

-Killer欠陥の特定: 診断結果と欠陥検査結果との重ねあわせにより、欠陥検査結果中のKiller欠陥を抽出。



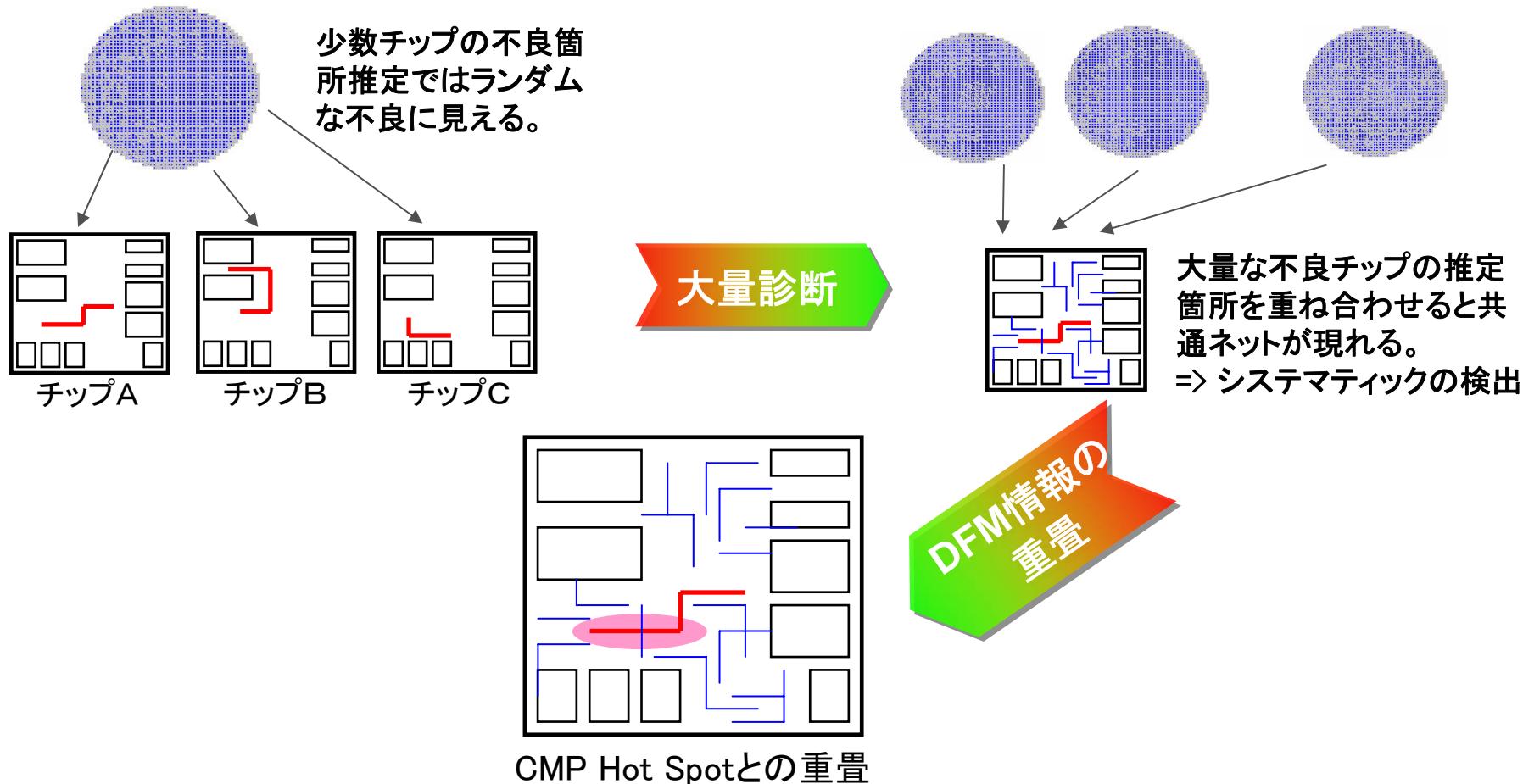
二階堂ら、「故障診断技術を利用した短TATの歩留まり向上解析」  
LSIテスティングシンポジウム, pp. 207-212, 2008, ©LSIテスティング学会2008

# 大量診断(Volume diag)技術

## 大量診断の効果(3)

システムティック故障の抽出

-DFM情報を活用した故障原因特定



2008.12.12故障解析TF会合、藤見様(富士通マイクロエレクトロニクス)資料より

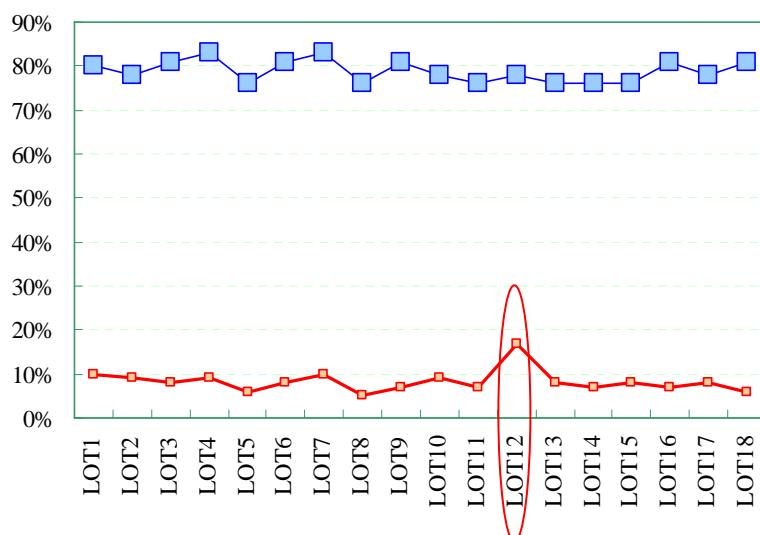
# 大量診断(Volume diag)技術

## 大量診断の効果(4)

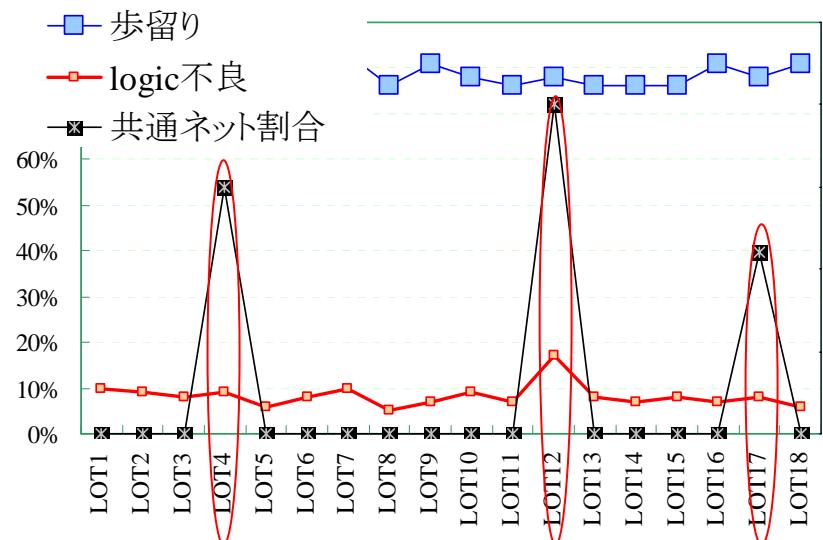
システムティック故障の抽出

-プロセスモニタリングによる早期の故障原因発見

従来のモニタリング



大量診断を用いたモニタリング



従来の監視では、LOT12のみ特異と判断してしまうが、大量故障解析の情報を利用する事で新たな特異性を検知する事が出来る。

2008.12.12故障解析TF会合、藤見様(富士通マイクロエレクトロニクス)資料より

# 大量診断(Volume diag)技術

## 理想の姿

歩留まり解析に、設計情報を積極的に利用する事により、解析結果の製造へのフィードバック、設計へのフィードバックを円滑に行う事を可能とする。

CAD/CAT

DFM Hot Spot  
(リソ, CMP, etc.)

設計情報  
(レイアウト、回路)

Fail log

QCデータ

製造

製造装置  
試験装置

大量診断

設計、テストへのフィードバック

故障原因究明

物理/化学分析

場所絞り込み

製造へのフィードバック

# まとめ

大量診断技術は、デバイスの**故障**とその**物理的な位置**を関連付ける**診断技術**を利用し、**物理的な欠陥位置**と**電気的な故障位置**との相関精度を向上させる**システム**と考えられる。

大量診断技術により以下の効果が期待できる。

- システマティック不良の早期発見
  - QC、DFM、CAD情報を利用した、共通故障原因の早期特定。
- 製造フィードバックTAT短縮
  - 歩留まり低減要因の早期発見
  - データ解析精度向上による物理解析すべきチップの的確な絞込み。
  - 1製品当たりの物理解析数減少による、解析効率向上(より多くの製品の解析が可能に)。
- 設計品質、テスト品質の早期向上
  - 故障原因がCAD情報と関係付けられて判明するため、デバイス開発側に早期にフィードバック可能。

# 大量診断活用の課題

## ・大量データの収集

大量診断を実行するためには、大量のテスト結果を必要とする。このテスト結果は、量産試験での良否判定結果では不十分であり、通常診断のためにテストをやり直す必要がある。⇒**テストコスト増**

⇒大量診断用取得ルール設定(ex. ウェーハ抜き取り、歩留まり変動時、etc.)

⇒大量診断実行コスト(テストコスト、EDAライセンス料、計算機コスト)必要性に関する  
コンセンサスが得られるか？

⇒テストコスト上昇を最低限に抑えた、テスト結果収集方式の検討

## ・既存YMSとの連携

大量診断をフルに活用するためにはYMSと一体化して、従来の歩留まり解析とする必要がある。しかし現状では既存のYMSに大量診断を組み合わせる場合が殆どで、利用のために大量データの変換が発生し、システムティックな活用が困難となる。

どの程度のデータを取得すれば、どの程度の  
効果が得られるのか、今後検証が必要

# 用語集

DFT: (Design For Test)

DFM: (Design For Manufacture)

YMS: (Yield Management System)

CAT: (Computer Aided Testing)

CAD: (Computer Aided Design)

QC: (Quality Control)

CMP: (Chemical Mechanical Polishing)

テスト容易化設計

製造容易化設計

歩留まり管理システム

コンピュータ支援による検査

コンピュータ支援による設計

品質管理

化学的機械研磨