

---

# 近赤外レーザー光加熱技術を用いた動的故障解析

## Failure Analysis under Dynamic Operation by IR-Laser Beam Stimulation

伊藤 誠吾

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

---

### 目次

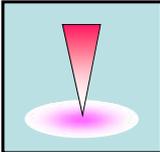
1. 動的解析とは
2. SDL<sub>[1]</sub>法の原理
3. SDL法の絞り込み手順
4. SDL評価システム、評価条件
5. 解析結果・検証
6. まとめ・課題

[1]: *Michael R Bruce Vretoria J. et al., "Soft Defect Localization (SDL) on ICs" Proc. of ISTFA, pp.21-28, 2002*

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 1. 動的解析とは (レーザ刺激の種類と作用)

		静的 Static	動的 Dynamic
	励起 Generation	OBIC	LADA
	発熱 Heating	IR-OBIRCH	SDL*

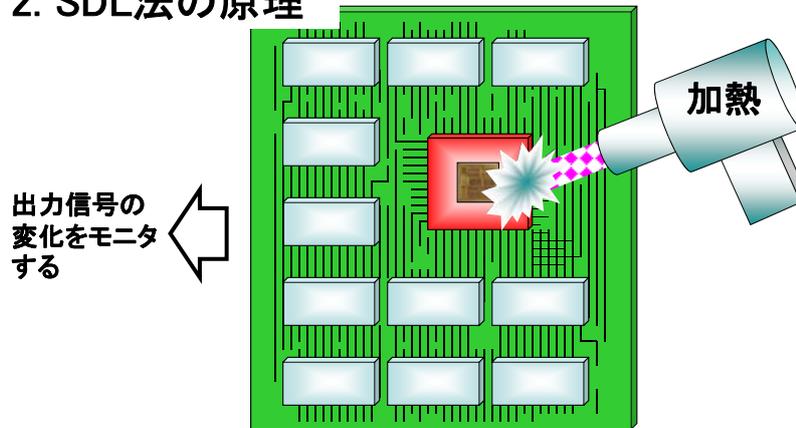
\* *SDL: Soft Defect Localization*

原因が軽微で比較的度が軽い故障が検出できることが言葉の所以。

## 近赤外レーザ光の利点

1. 非破壊、且つ大気環境で使える。
2. 半導体チップのSi基板を容易に透過し裏面からでも効率的に熱だけを加えることができる。
3. 細く絞ったレーザビーム光をスキャンすれば選択的に数umの狭い領域に刺激を加えられる。
4. スキャンに同期して刺激の結果を画像情報として表示すれば異常部位の物理位置特定が短時間にできる。

## 2. SDL法の原理

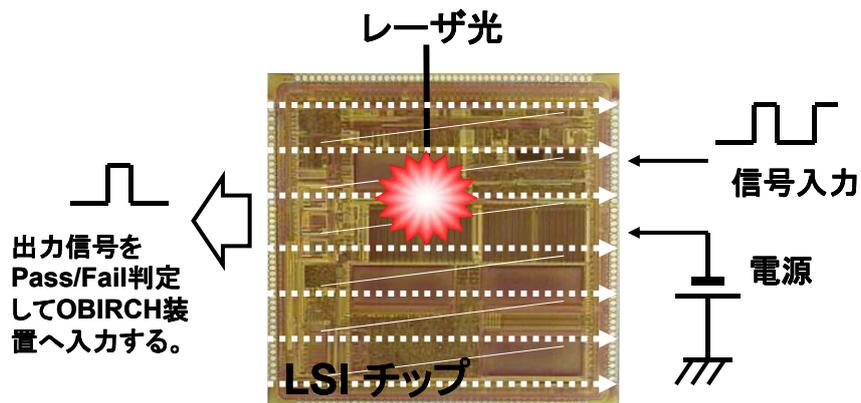


SDL法の原理は LSI実装基板のマージナル異常を見つける時に出力信号をモニターしながらドライヤを用い局部的に加熱して不良ICを検出する方法と同じである。

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## SDL法のLSIへの応用



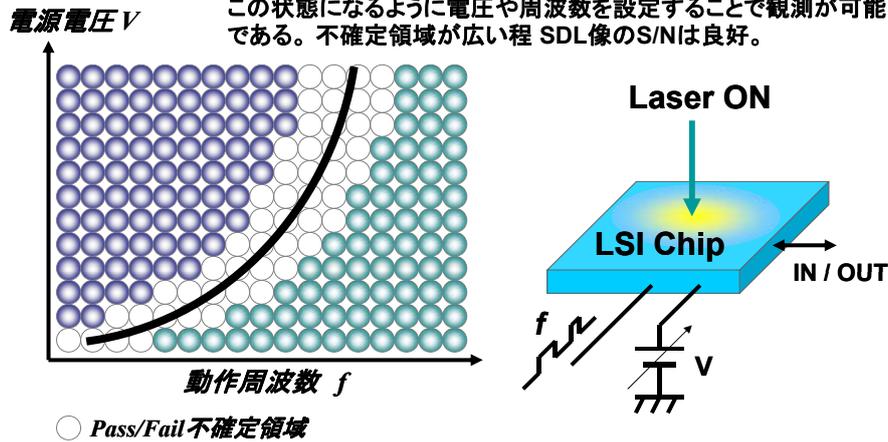
実際のSDL解析はLSIチップの表面 或いは裏面より近赤外レーザビーム光をスキャンさせてその照射熱によってLSI内部回路の異常を検出する。

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## レーザー照射時のSCHMOO図

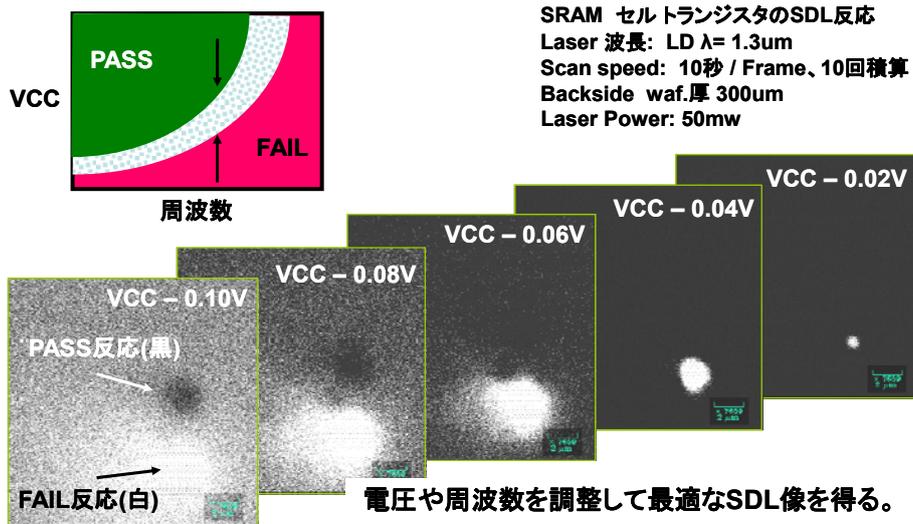
LSIデバイスにレーザーを照射するとその熱拡散によってLSI内部素子特性が変動してPass/Fail不確定な状態が生ずる。SDL解析はこの状態になるように電圧や周波数を設定することで観測が可能である。不確定領域が広い程SDL像のS/Nは良好。



第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 3. 絞り込み手順 電圧とSDL像の関係



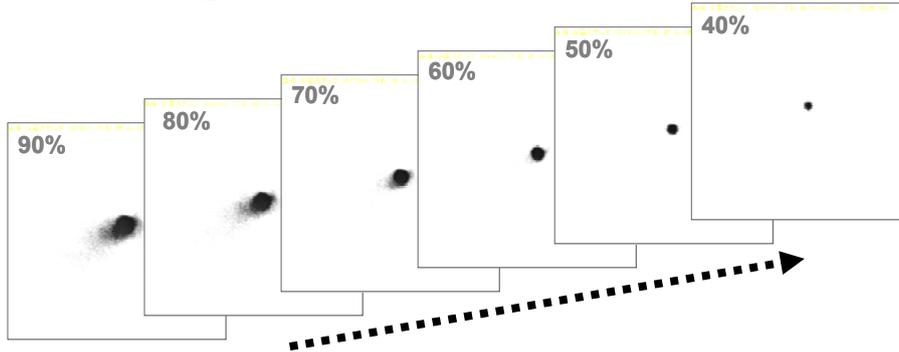
第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 条件の最適化 Laser PowerとSDL像の関係

レーザパワーを調整して  
故障部位を絞り込む。

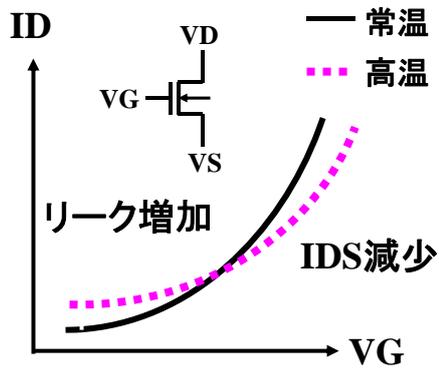
SRAM セルトランジスタ 異常  
Laser 波長: YLF  $\lambda = 1.3\mu\text{m}$   
Scan speed: 8秒 / Frame、10回積算  
Backside waf.厚 400 $\mu\text{m}$   
倍率: 100X 倍、X4 zoom



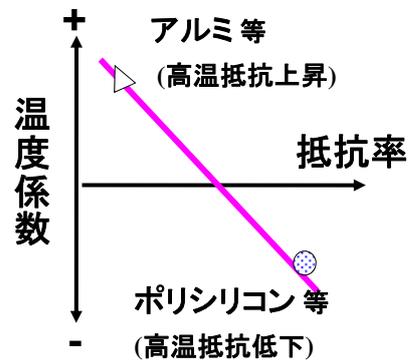
第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 近赤外レーザー照射熱による素子の特性変化



トランジスタ特性

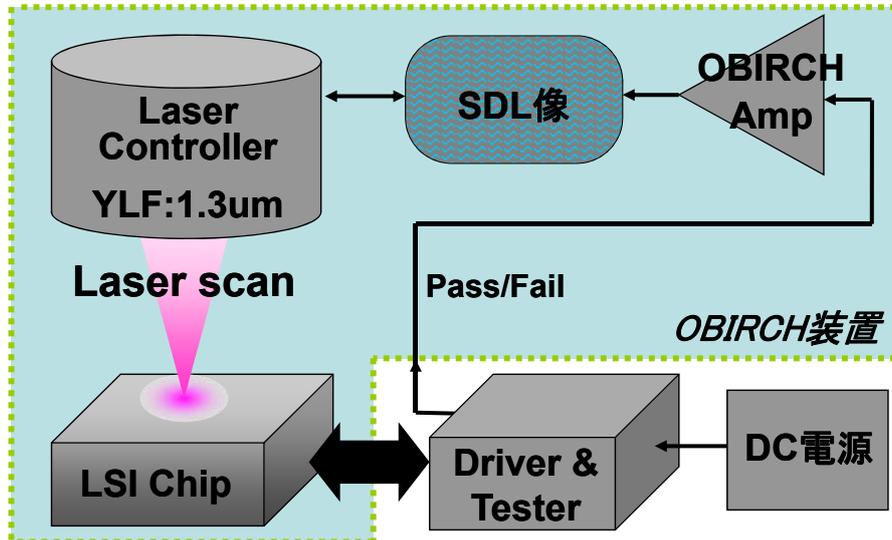


抵抗率特性 (TCR)

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 4. SDL解析システム概要

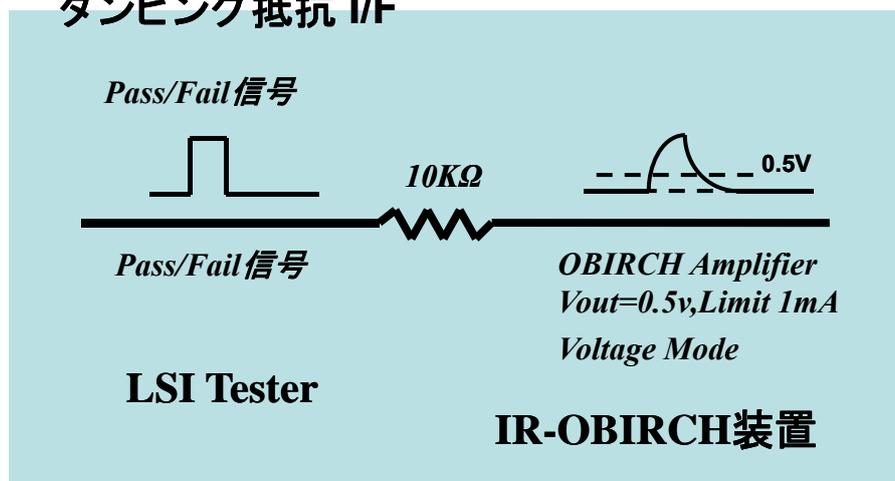


第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## Pass/Fail 信号インターフェイス (その1)

### ダンピング抵抗 I/F

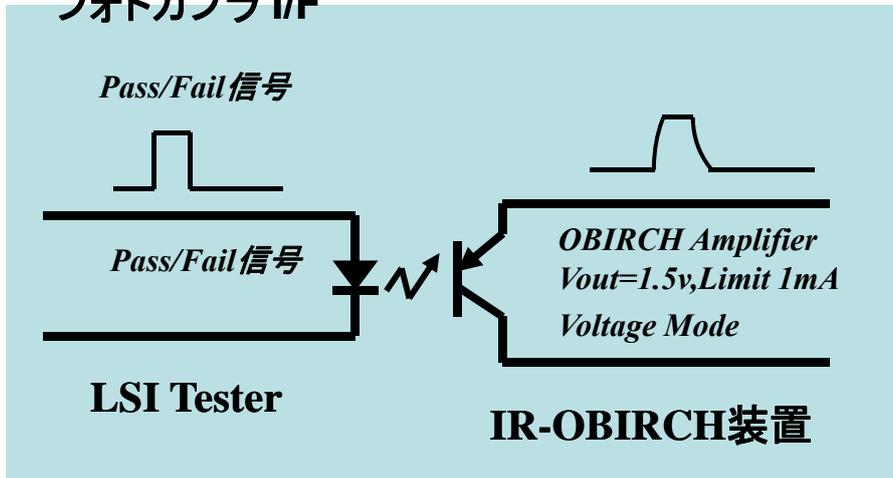


第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## Pass/Fail 信号インターフェイス (その2)

### フォトカプラ I/F

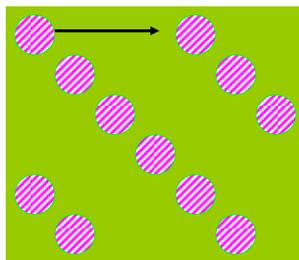


第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

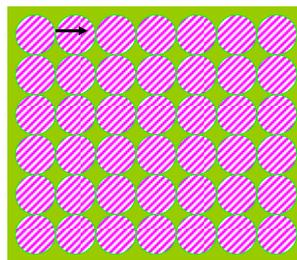
2007.12.14

## SDL解析タイミング

● PASS/FAIL信号



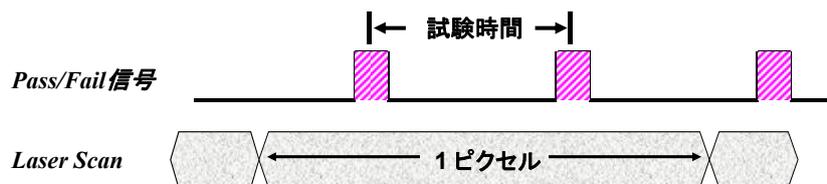
高速スキャン



低速スキャン

試験時間(PASS/FAIL信号)は1ピクセル当たりの時間より小さいことが理想である。

1Pixelの時間 > 試験時間



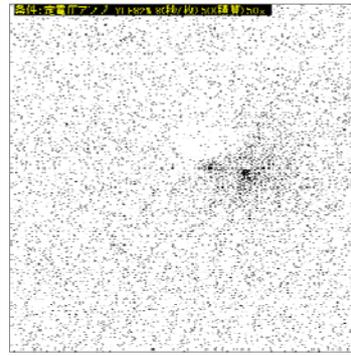
第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## SDL解析画像



高速スキャン



低速スキャン

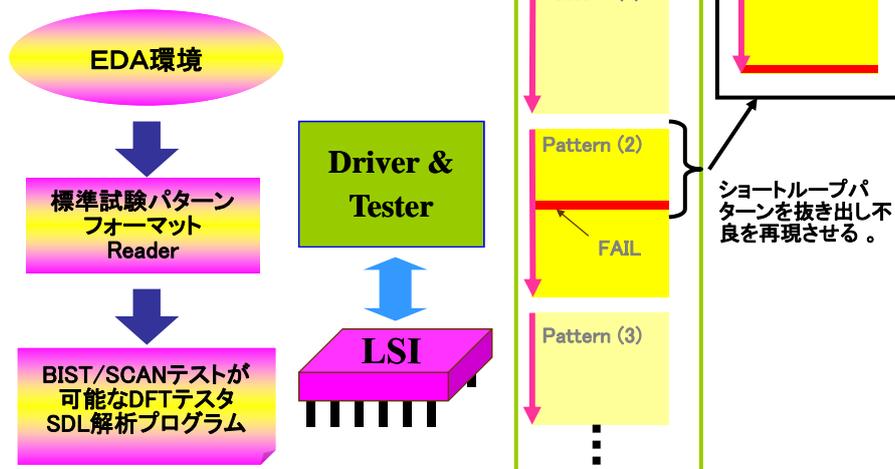
レーザー光のスキャン速度を遅くすると異常部位が顕在化する

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## SDL解析フロー

設計 EDAからSDL解析用テストパターンを作成



第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 5. SDL解析事例 サンプル 1

### ■ デバイス不良特性

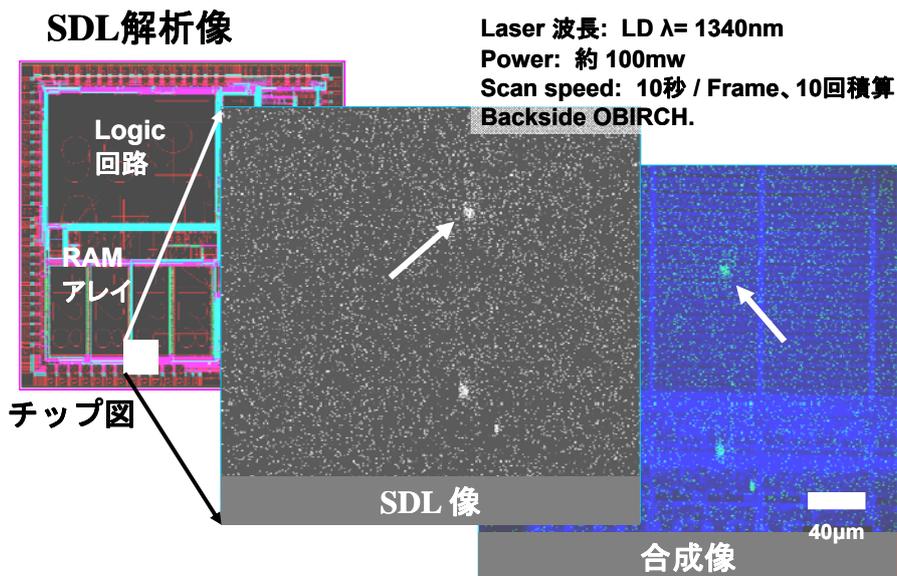
- ・VCC Low側マージナル不良
- ビットマップより RAMのシングルビット不良

### ■ プロセス仕様

- ・ 0.35  $\mu\text{m}$  ゲート長 システム LSI
- ・ メタルシリサイド S/D
- ・ 3層メタル、Poly 2層
- ・ チップ厚 約300  $\mu\text{m}$

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

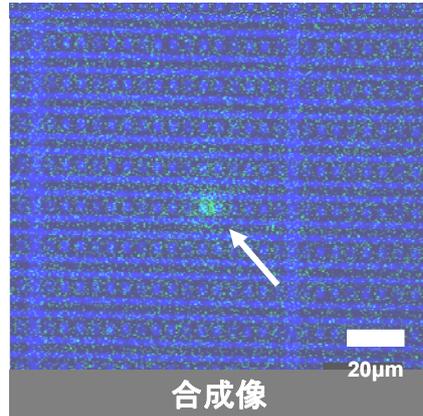
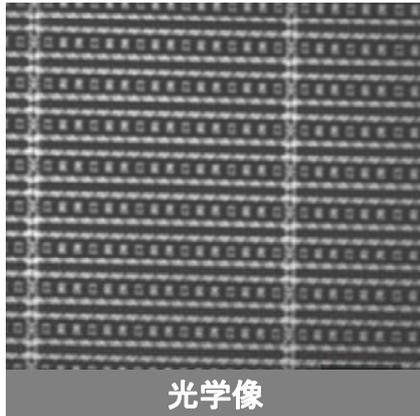


第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## SDL解析像

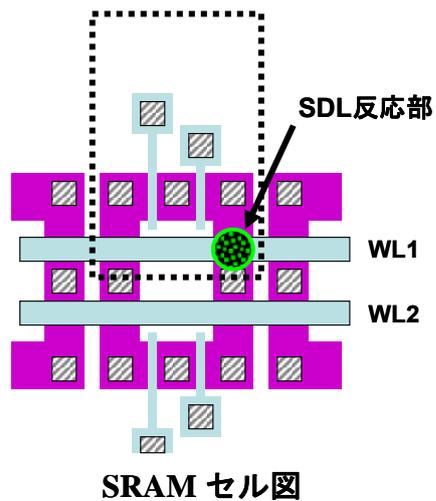
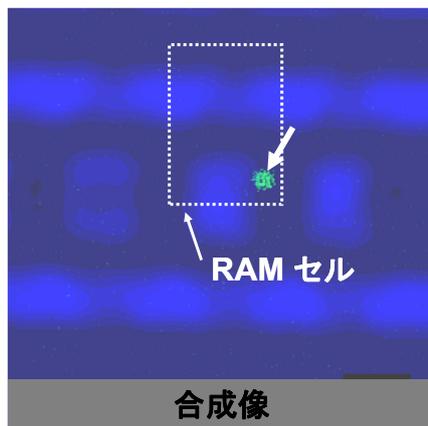
Laser 波長: LD  $\lambda = 1340\text{nm}$   
Power: 約 100mw  
Scan speed: 10秒 / Frame、5回積算  
Backside OBIRCH.



第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

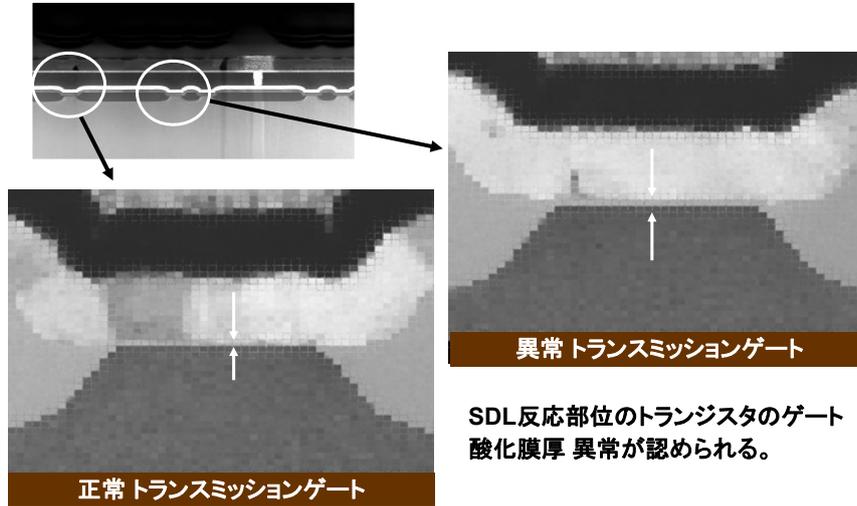
## SDL解析像とレイアウト図面の対応



第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## TEM 拡大像 (Word Line WL1 と平行に観測)

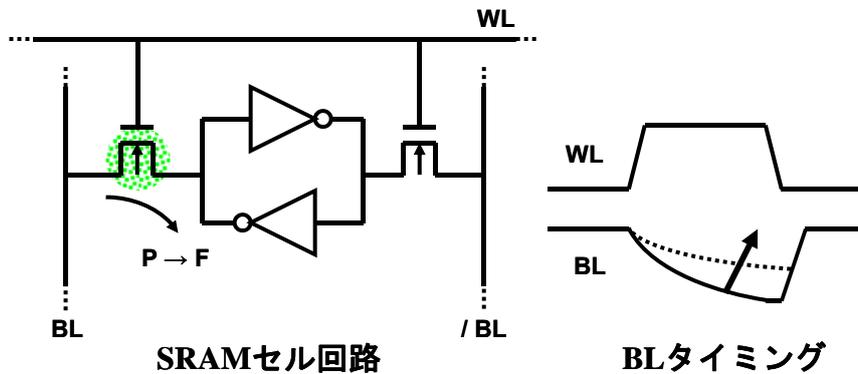


第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## 不良メカニズム

SRAMのトランスミッションゲート酸化膜の厚膜化による Mobility の低下で、BLレベルを“0”に駆動出来ないために不良に至っていた。



第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## SDL解析事例 サンプル 2

### ■ デバイス不良特性

- ・VCC Low側マージナル不良  
RAMのワードライン不良(不良ビットマップより)
- ・チップ裏面解析

### ■ プロセス仕様

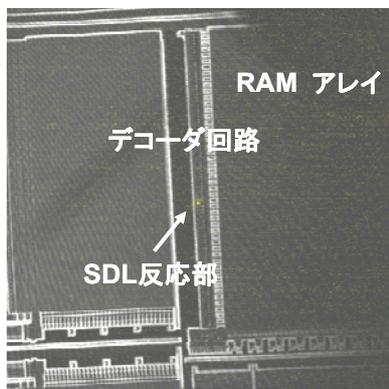
- ・ SYSTEM LSI
- ・ 180nm ゲート長
- ・ 5層メタル
- ・ チップ厚 約300 $\mu$ m

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

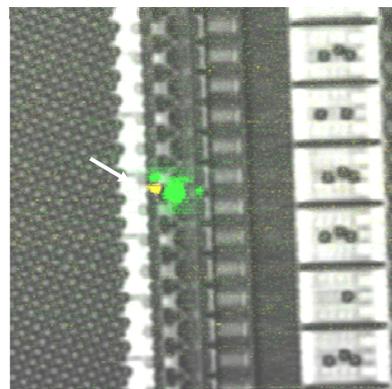
2007.12.14

## SDL解析像

Laser 波長: YLF  $\lambda = 1.3\mu\text{m}$   
Power: 90% (MAX 500mw)  
Scan speed: 8秒 / Frame、20回積算  
Backside OBIRCH.



合成像 20X



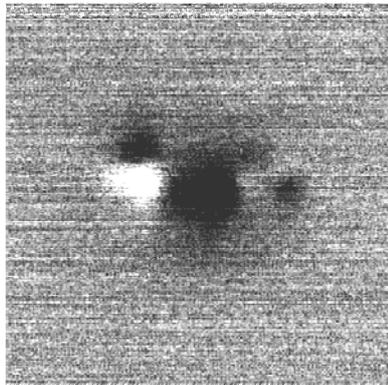
合成像 50X

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

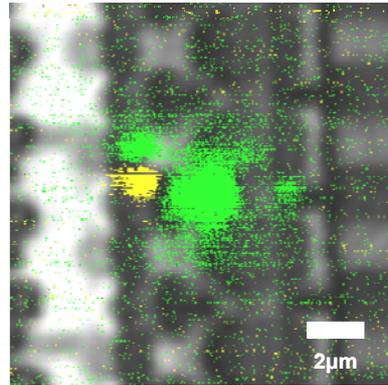
2007.12.14

## SDL解析像

SDL像の白い部位は Laser照射によるFAIL反応、黒はPASS反応を示す。



SDL像

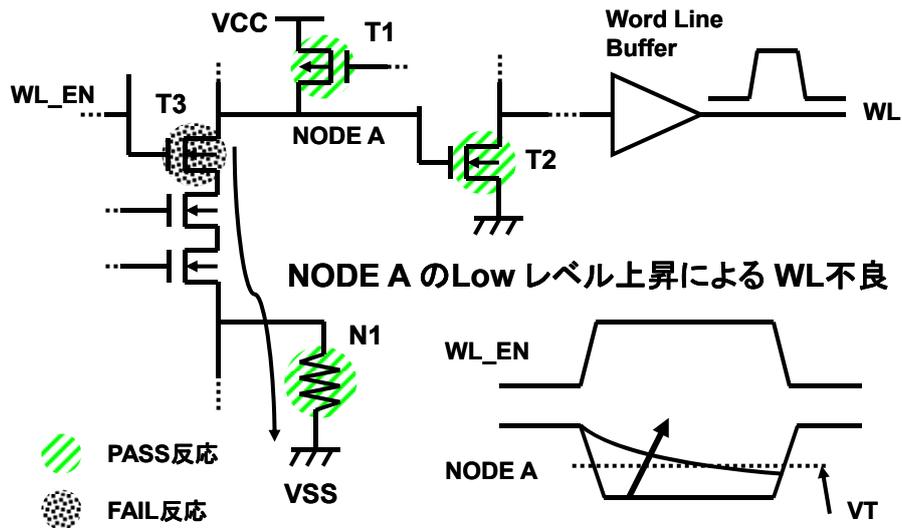


合成像

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

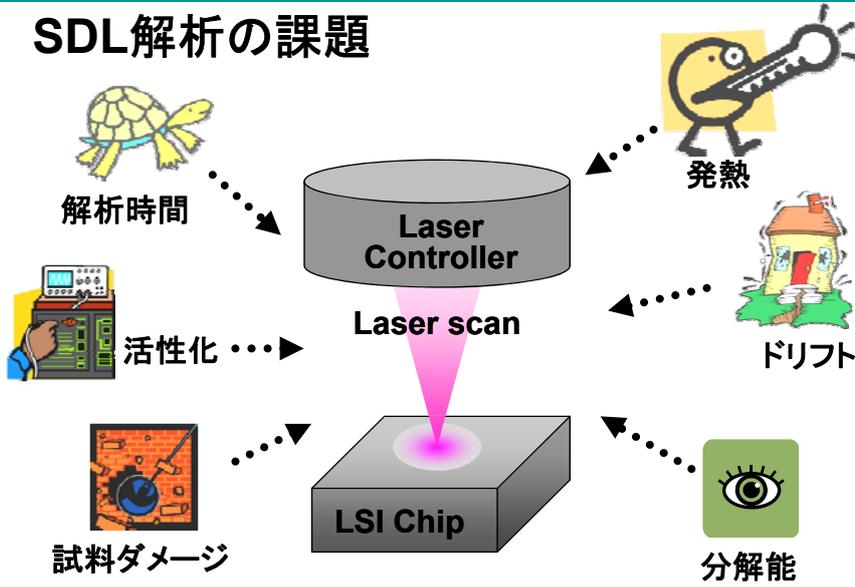
## 不良メカニズム



第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

## SDL解析の課題

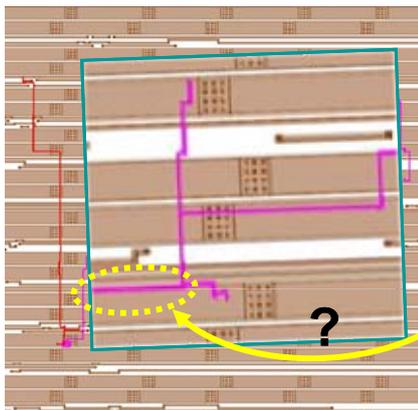


第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

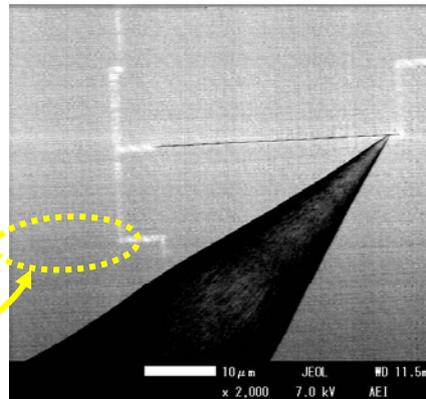
2007.12.14

## 各種解析データの組み合わせによる絞り込み

吸収電流像のネット反応が途中で途絶えている



回路診断(ネット候補)結果



吸収電流像

第1回デバイス信頼性シンポジウム「LSI故障解析技術の最前線」

2007.12.14

---

## 6. まとめ・課題

- SDL解析はLSIを動作させた状態でレーザを照射して生ずる熱による特性変化をPass/Fai信号に変換して故障箇所を検出する方法である。マージナル故障解析に有効な手法である。
- SDL法を用いた実デバイス解析例を示した。ロウテクノロジー(0.18um以前)はコンタクト等特定のエレメントまで絞り込む事が可能。しかしながら 90nm以降先端LSIは他の推定ツールとの連携による絞り込みが必要になる。
- 安定なSDL解析結果を得るためには、温度ドリフトによる分解能低下が懸念され解析装置やLSIの温度制御、解析用試験の高速化が求められる。
- レーザ照射熱によるダメージも無視できなくなってきており、照射方法やパワーの最適化が必要である。