

2016 OEGセミナー

FE-TEMを用いた次世代デバイスの良品解析

2016年7月12日

沖エンジニアリング株式会社

信頼性解析事業部

大谷直己

もくじ

1.はじめに 2.微細LSI 2.1 微細LSI良品解析 2.2 解析事例 3.パワーデバイス 3.1 パワーデバイス良品解析 3.2 解析事例 4.まとめ (巻末:用語解説)

<u>1. はじめに</u>

■ 良品解析とは

正常に動作する電子部品に内在する欠陥や不具合構造を各種解析から検出し、 将来発生しうる故障・不具合といった危険性を推定する技術。

【自動車をはじめとした高信頼性が要求される分野で活用】

≻ 対象品目

・ディスクリートデバイス ・LED

集積回路デバイス(IC,LSI)

・パワーデバイス

----・MEMS ・太陽光パネル

など

■ 目的:高信頼性電子機器に搭載される次世代デバイスに対する

実用的な良品解析を確立する。

- ·微細LSI(45nm以下)
- ・パワーデバイス(SiC,GaN)
- ▶ 部品の主要な<u>問題に特化した解析</u>

<u>1. はじめに</u>

Open up your dreams

次世代デバイスにおける良品解析のポイント

- 微細LSI(45nm以下)
 - ムーアの法則に基づく微細化(最新デバイスでは14nm)
 - ▶ 微細化に伴い、構造に起因する不具合が

信頼性上の問題を生じさせる確率が高くなるため<u>微細構造観察</u>が必要

- パワーデバイス(SiC,GaN)
 - SiC,GaNなどの化合物半導体を用いたパワーデバイスの普及
 - ▶ 化合物半導体は、欠陥(結晶欠陥・ゲート酸化膜不良)の存在が不良要因の多くを占めるため、欠陥検出が必要







2.1 微細LSI良品解析

■ 用途

- 部品選定
- 品質確認
- デバイス構造の調査

		OEGプロセス診断(~45nm)	微細LSIプロセス診断(45nm以下)	
	外観検査	パッケージ外観、リード、ボール状態等	パッケージ外観、リード、ボール状態等	
アセンブリエ程	X線検査	内部状態、ワイヤリング、ダイボンド等	内部状態、ワイヤリング、ダイボンド等	
	PKG断面検査	樹脂厚、めっき、ダイボンド、ボンデイング 状態等	樹脂厚、めっき、ダイボンド、ボンデイング 状態等	
	開封·内部検査	ワイヤリング、ダイボンド、フィラー状態等	ワイヤリング、ダイボンド、フィラー状態等	
$\left(\right)$	チップ表面検査	チップ表面状態	チップ表面状態	
	クレータリング PV膜健全性検査	ボンド部のダメージ、PV膜の健全性	ボンド部のダメージ、PV膜の健全性	
ウェハエ程	チップ断面検査(SEM)	全層配線、各接続、トランジスタ構造、 ガードリング構造、パッド部構造	上層配線、上層接続、ガードリング構造、 パッド部構造	
	チップ断面検査(TEM)	全層配線、各接続、トランジスタ構造、 結晶欠陥、組成情報調査	下層配線、下層接続、トランジスタ構造、 結晶欠陥、組成情報調査	
	エッチバック検査	全層配線、基板構造	実施しない	

© Copyright 2016 Oki Engineering Co., Ltd.



2.2 微細LSI解析事例(アセンブリエ程検査)

<u>14nmデザインルール プロセッサ</u>













OEG 5.0kV 9.2mm x1.00k YAGBSE

50.0um

2.2 微細LSI解析事例(トランジスタ部構造)



OKI Open up your dreams

2.2 微細LSI解析事例(トランジスタ部構造観察)

<u>14nmデザインルール プロセッサ</u>

FE-STEM観察画像

OKI Open up your dreams

2.2 微細LSI解析事例(組成情報調查)

2.2 微細LSI解析事例(トランジスタ部構造構築)

14

2.2 微細LSI解析事例(欠陥検出事例:FE-TEM像)

<u>14nmデザインルール プロセッサ</u>

軽度な欠陥はあるが、重度の欠陥は確認されない

© Copyright 2016 Oki Engineering Co., Ltd.

2.2 微細LSI解析事例(トランジスタ部拡大)

2.37nm

2.16nm

2.31nm

<u>3. パワーデバイス</u>

SiC、GaNなどの化合物半導体を用いたパワーデバイスでは、欠陥(結晶欠陥・ ゲート酸化膜不良)の存在が不良要因の多くを占めている。 これら欠陥の解析を行うには、FE-TEM解析が不可欠

<u>3.1 パワーデバイス良品解析(ウェハプロセス)</u>

■ 用途

- 部品選定
- 品質確認
- 不具合原因の調査

■ 良品解析メニュー

検査方法	着眼ポイント
断面SEM検査	構造調査(配線構造•接合構造)
断面TEM検査	欠陥の検査(結晶欠陥・ゲート酸化膜不良) (1方向×1断面)
組成情報調査	積層材料分析 ヘテロエピ構造(GaNのみ)
電気的特性検査	I _{DSS} I _{GSS} V _{GS(th)} など(欠陥との相関調査)

3.2 パワーデバイス解析事例

SIC MOSFET

3.2 パワーデバイス解析事例(結晶欠陥の検出)

SIC MOSFET

OKI Open up your dreams

3.2 パワーデバイス解析事例(結晶欠陥位置検証)

SIC MOSFET

OKT Open up your dreams

ほとんどの結晶欠陥は拡散層内に収まる位置であることから、 リークには影響は少ないと判断される

© Copyright 2016 Oki Engineering Co., Ltd.

SIC MOSFET

OKI Open up your dreams

確認された結晶欠陥は過去に良品解析実施品と比べ、 結晶欠陥を低減していることを確認した

© Copyright 2016 Oki Engineering Co., Ltd.

3.2 パワーデバイス解析事例

<u>GaN HEMT</u>

os

3.2 パワーデバイス解析事例(結晶欠陥の検出)

OKI Open up your dreams

3.2 パワーデバイス解析事例(エピ層組成情報調査)

<u>GaN HEMT</u>

Open up your dreams

OKI

各構造部における、構成材料情報の取得が可能

3.2 パワーデバイス解析事例(AIN-Si界面拡大)

OKI Open up your dreams

3.2 パワーデバイス解析事例(電気特性検査)

Sic MOSFET

OKI Open up your dreams

		I _{DSS} [μ Α]	I _{GSS+} [nA]	I _{GSS-} [nA]	V _{GS(th)} [V]	
		(V _{DS} =1200V,V _{GS} =0V)	(V _{GS} =+22V,V _{DS} =0V)	$(V_{GS} = -6V, V_{DS} = 0V)$	$(V_{DS}=V_{GS},I_{D}=0.9mA)$	
測	定値	0.023	1.85	-0.38	2.8	
規格	Max	10	100	-100	4.0	
	Тур	1.0				
値	Min			/	1.6	

<u>GaN HEMT</u>

		I _{DSS} [μA]	I _{GSS+} [nA]	I _{GSS-} [nA]	V _{GS(th)} [V]
		(V _{DS} =600V,V _{GS} =0V)	(V _{GS} =+18V)	(V _{GS} =-18V)	$(V_{DS}=V_{GS},I_{D}=500 \ \mu \text{ A})$
測	定値	1.94	1.45	-1.53	2.13
規	Max	90	100	-100	2.6
格	Тур	2.5			2.1
値	Min			/	1.6

諸特性の規格外は確認されない

<u>4. まとめ</u>

■ 次世代デバイスに対する良品解析を確立

- ≻ 微細LSI良品解析
 - FE-TEMを用いた微細構造の不具合検出、微細構造調査

▶ パワーデバイス(SiC,GaN)良品解析

 構造上の不具合抽出(従来)+欠陥解析(結晶欠陥抽出・電気的特性への 影響調査・発生メカニズム推定)

 新たな電子部品の導入時に良品解析を実施することで、「作り込み品質」の 詳細検査を行い、品質管理指標の一つとされることをお薦めいたします。
 従来のSEM主体による良品解析に加え、FE-TEM解析及び各種信頼性試験を フル活用し、御社に必要な解析を強力にサポートいたします。

ご清聴いただき、ありがとうございました

》お問合せ先

沖エンジニアリンク、株式会社

□ 信頼性解析事業部
 解析センター
 □ 担当:大谷直己

Open up your dreams

- □ TEL:03-5920-2354
- ロ お問合せフォーム: https://www.oki.com/cgi-bin/inquiryForm.cgi?p=k036
- URL:http://www.oeg.co.jp/

<u>用語解説</u>

- TEM(Transmission Electron Microscope)
 透過型電子顕微鏡
- FE-TEM(Field-Emission Transmission Electron Microscope)
 電界放射型透過電子顕微鏡
- STEM(Scanning Transmission Electron Microscopy)
 透過電子顕微鏡法 ※本発表では、透過像取得をTEM/STEMの区別なく「TEM」と表記している場合があります。
- EDX(Energy Dispersive X-ray Spectrometry)
 エネルギー分散X線元素分析
- SEM(Scanning Electron Microscope)
 走査型電子顕微鏡
- SCM(Scanning Capacitance Microscope)
 走査型静電容量顕微鏡
- SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)
 二次イオン質量分析法
- ESR(Electron Spin Resonance)
 電子スピン共鳴