

第 17 章 故障解析技術タスクフォース

17-1 はじめに

故障解析タスクフォース(TF)では今年度は昨年度に引き続き、ロードマップ作成のための基盤固めとしての最新情報収集と、故障解析ロードマップの中でも最重要課題の一つに位置付けられる故障解析の標準化について活動をおこなった。

最新情報の収集方法としては、議論の中で重要課題としてあがってきた課題に関して、最適と考える講師をお招きし、話をしていただき、それをベースにして議論した。17-2 節で概要を報告する。

故障解析の標準化に関してはサブワーキンググループ(SWG)を設置し、より深い議論を行い、最重点課題として故障解析標準フォーマットなるものを提案するところまでできた。17-3 節で概要を報告する。

17-2 2007 年度の活動概要

今年度の講師とテーマを一覧にして図表 17-1 に示す(標準化に関するものは除く)。全体で 18 件の内、物理化学的解析関係が 10 件、故障箇所絞込み関係が 4 件、パッケージ解析(PKG)関係が 2 件、その他が 1 件と、圧倒的に物理化学的解析関係が多い。

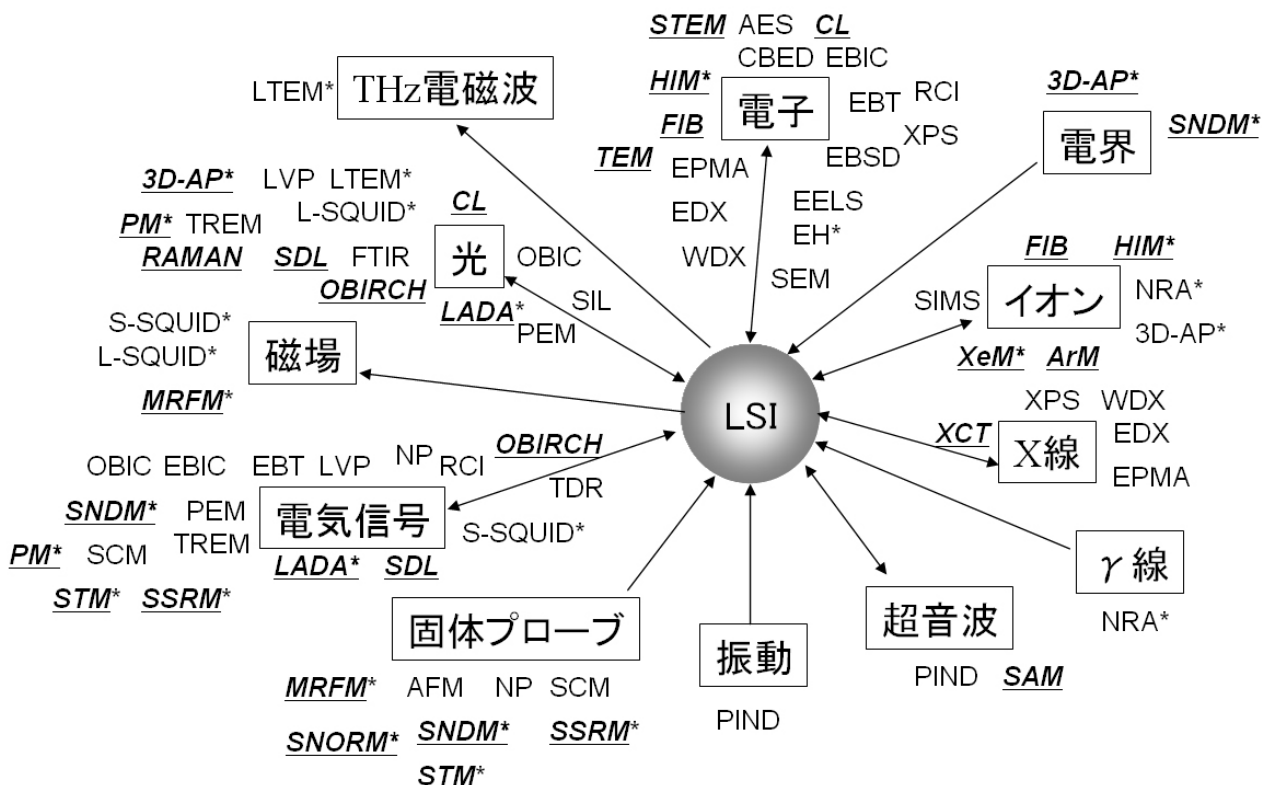
開催日	テーマ	講師	分類
2007年4月20日	2枚のチップを対面に接続した実装法に対する故障解析	岩永 進(ソニーセミコンダクタ九州)	PKG
	微細トランジスタ中の不純物分布揺らぎ計測と電気特性との比較	福留 秀暢(富士通研)	物理化学解析
	SNDM装置の開発と測定例の紹介	安武 正敏(SIINT)	物理化学解析
	ユーザプログラマブルなYMS開発環境について	猪口 正幸(日本電子システムテクノロジー)	その他
2007年6月29日	SSRMIによるUltra-Shallow Junctionの高解像度観測	張 利(東芝)	物理化学解析
	LowK、銅配線の耐性	小川真一(Selete)	物理化学解析
2007年8月23日	Digital Lock-inによるOBIRCH高機能化の紹介	鈴木宏叔(浜松ホトニクス(株))	絞込み
	位相差顕微鏡による高分解能温度計測方法の紹介	中村共則(浜松ホトニクス(株))	絞込み
	レーザー照射ダイナミック解析の環境と解析事例	久住 肇(NECエレクトロニクス(株))	絞込み
	DLS手法適用事例報告	則松 研二((株)東芝セミコンダクター社)	絞込み
2007年10月19日	TEM sample preparation system using Xe milling	Colin Smith (Sela Ltd.)	物理化学解析
	MRFM (Magnetic Resonance Force Microscopy)の現状と展望	吉成 洋祐(日本電子)	物理化学解析
	紫外励起近接場ラマン分光装置の紹介	吉川正信(東レリサーチセンター)	物理化学解析
2007年12月10日	半導体パッケージ高精度断面加工のためのCP-X線クロスリンクシステム構築検討	大沼 範洋(ソニーセミコンダクタ九州)	PKG
	カソードルミネッセンス法、ラマン分光法、有限要素法によるSTI構造の微小場応力解析	小寺雅子(東芝)	物理化学解析
	The Helium Ion Microscope for Imaging, Materials Analysis and Silicon FA	Bill Thompson (Carl Zeiss SMT ALIS部門)	物理化学解析
2008年2月13日	レーザー補助3次元アトムプローブの開発と応用	大久保忠勝(物質・材料研究機構)	物理化学解析
	三次元アトムプローブによる磁性薄膜の評価	小川吉文(ルネサステクノロジー)	物理化学解析

図表 17-1 テーマと講師一覧

これらの議論の中で扱われた故障解析技術が故障解析技術全体に占める位置付けを、基本的物理ツール(電子、光、イオンなど)との関係で見たのが図表 17-2 である。

図表 17-2 では基本的な物理ツールと故障解析技術を関連付けてある。故障解析技術は全て略号で記したので、馴染みのない方のために、そのフルスペルと対応日本語(ある場合)を図表 17-3 に記した。故障解析技術に関係した基本的な物理ツールは複数にまたがる場合が多い。例えば、FIB 法ではイオンビームを照射して、加工を行うとともに、2 次電子を検出して像を得るので、FIB は「イオン」と「電子」の項に記してある。OBIRCH 法ではレーザービームで加熱した結果を電氣的に抵抗の変動として観測するので、OBIRCH は「光」と「電気信号」の項に記してある。3D-AP(3 次元アトムプローブ)では電界でサンプル先端からイオンを蒸発させるが、その際レーザーを照射も併用することにより金属以外の分析への応用が拡大しつつあるので、3D-AP は「電界」、「イオン」、「光」の 3 つの項に記した。ここではこれ以上の詳細にはふれない。大まかなマップとして見ていただきたい。

今年度議論した故障解析技術は太字・斜体・下線で強調してある。また、開発中のものや未普及のものには*を付した。(他の応用としては普及していても、故障解析技術としては未普及のものにも*を付した。故障解析技術に関しての「普及」の定義は、現時点では明確でないので、ここでの記載は主観的である点をご容赦いただきたい。)会議の性格上当然のことながら、議論した故障解析技術には*付きのものが多い。特に「固体プローブ」にこれらのものが多いのが分かる。「固体プローブ」の大部分(NP[ナノプロービング]以外)は SPM(Scanning Probe Microscope、走査プローブ顕微鏡)である。これら、*付きのものを故障解析ロードマップ上にどのように位置づけていくかは今後の課題である。



図表 17-2 LSI 故障解析で用いられる基本的物理ツールとそれを利用している故障解析技術(一部の前処理は除く): *を付けたものは故障解析技術としては開発中または未普及のものである。本年度報告があった技術は太字・斜体・下線付きで示す。

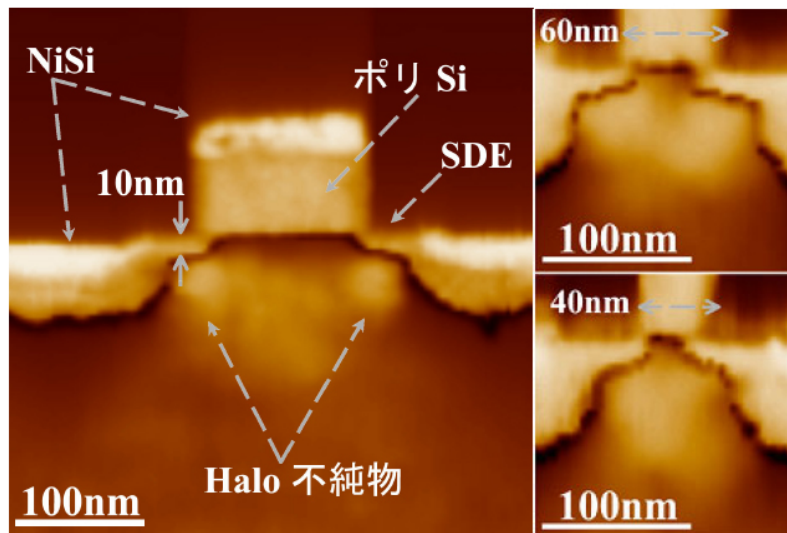
略語	フルスペル	対応日本語
3D-AP	Three-dimensional Atome Probe	3次元アトムプローブ
AES	Auger Electron Spectrometry	オージェ電子分光法
AFM	Atomic Force Microscope	原子間力顕微鏡
ArM*	Ar milling	Arミリング
CL	Cathodoluminescence Spectroscopy	カソードルミネッセンス分光法
CBED	Convergent-Beam Electron Diffraction	集束電子線回折
EBIC	Electron Beam Induced Current	電子ビーム励起電流
EBT	Electron Beam Tester	電子ビーム(EB)テスト
EBSD	Electron Backscattering Diffraction Patterns	電子線後方散乱回折像
EDX	Energy Dispersive X-ray Spectrometry	エネルギー分散型X線分光法
EELS	Electron Energy Loss Spectroscopy	電子線エネルギー損失分光法
EH*	Electron Holography	電子線ホログラフィー
EPMA	Electron Probe Microanalysis	電子線プローブマイクロ分析法
FIB	Focused Ion Beam	集束イオンビーム
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy	フーリエ変換赤外分光法
HIM*	He Ion Microscope	ヘリウムイオン顕微鏡
LADA	Laser Assisted Device Alteration	
L-SQUID	scanning Laser-SQUID microscope	走査レーザSQUID顕微鏡
LTEM	Laser Terahertz Emission Microscope	レーザテラヘルツ放射顕微鏡
LVP	Laser Voltage Probing	
MRFM	Magnetic Resonance Force Microscope	磁気共鳴力顕微鏡
NP*	Nano-Probing	ナノプロービング
NRA	Resonant Nuclear Reaction Analysis	核共鳴反応解析法
OBIC	Optical Beam Induced Current	光ビーム励起電流
OBIRCH	Optical Beam Induced Resistance CHange	光ビーム加熱抵抗変動検出法
PEM	Photo Emission Microscope	エミッション顕微鏡
PM*	Phase-contrast Microscope	位相差顕微鏡
PIND	Partilce Impact Noise Detection	
RCI	Resistive Contrast Imaging	
RAMAN	Raman Spectroscopy	ラマン分光法
SAM	Scanning Acoustic Microscope	走査超音波顕微鏡
SCM	Scanning Capacitance Microscope	走査容量顕微鏡
SDL	Soft Defect Localization	
SEM	Scanning Electron Microscope	走査電子顕微鏡
SIL	Solid Immersion Lens	固浸レンズ
SIMS	Secondary Ion Mass Spectroscopy	2次イオン質量分析法
SNDM	Scanning Nonlinear Dielectric Microscope	走査型非線形誘電率顕微鏡
SNORM	Scanning Near Field Optical Raman Microscope	近接場ラマン分光装置
SQUID	Superconducting Quantum Interference Device	超伝導量子干渉素子
S-SQUID	Scanning SQUID Microscope	走査SQUID顕微鏡
SSRM	Scanning Spread Resistance Microscope	走査拡がり抵抗顕微鏡
STEM	Scanning TEM	走査型透過電子顕微鏡
STM	Scanning Tunneling Microscope	走査トンネル顕微鏡
TDR	Time Domain Reflectometry	
TEM	Transmission Electron Microscope	透過電子顕微鏡
TREM	Time Resolved Emission Microscope	時間分解エミッション顕微鏡
WDX	Wavelength Dispersive X-ray Spectrometry	波長分散型X線分光法
XCT	X-ray Computer Tomograpy	X線CT
XeM*	Xe milling	Xeミリング
XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy	X線光電子分光

*通常は用いられていない略号には*を付けた

図表 17-3 図表 17-2 で用いている略語とフルスペル・対応日本語一覧

報告があったものの中から一例だけ紹介する(2007年6月29日報告:張利、「SSRMによるUltra-Shallow

Junction の高解像度観測」。図表 17-4 に示すように SSRM(Scanning Spread Resistance Microscopy, 走査拡がり抵抗顕微鏡)を用いて不純物キャリア分布が nm オーダーの分解能で観測できている。



L. Zhang, et al., *Appl. Phys. Lett.* **90**, 192103, 2007

図表 17-4 SSRM による MOS 断面不純物キャリア 2 次元分布の 1nm レベル解析

17-3 標準化に関する活動

17-3-1 標準化の経緯

故障解析技術タスクフォース(故障解析技術 TF)では、2004 年度に実施した故障解析に関するアンケートにより、解析現場の実態を把握するとともに、故障解析の意義と現場の抱える問題点についての分析をおこなった。その結果、故障解析では低歩留まり期間を短縮することによる収益増加と、開発期間を短縮することでの費用低減が、もっとも重要視されていることが分かった。一方、デバイスの微細化、複雑化が急速に進み、解析自体も複雑化し長時間化しているということが大きな問題点であることがわかった。その原因として、解析では複雑化した多種多様な解析装置を有効に使いこなさなくてはいけないことと、解析に必要とされる知識が深く広範囲に広がるため、解析者の専門化が進み情報の流通、共有化に壁ができつつあることが、根底にあることも明らかとなった。

このアンケート結果および故障解析技術 TF 内での討議に基づき、2005 年度に標準化サブワーキンググループ(標準化 SWG)を立ち上げ、複雑化した解析をおこなう解析者の負担を軽くし、解析の TAT と精度を向上するために、標準化することによる改善効果の検討を進めた。

2006 年度には、標準化の意義を確認し、現場で求められている標準化は何であるかをより詳細に確認するための第 2 回目のアンケートを実施した。このアンケートは大阪大学にご協力いただき Web 上に作成し、半導体メーカーおよび装置メーカーから、解析の各工程に関連する人 2~3 名を抽出し実施した。

2007 年度は、このアンケート結果を解析することと、標準化の原案の作成をおこなった。標準化が求められているものは複数あるが、まずは解析装置で使われるデータフォーマットの標準化をターゲットに絞り、検討を進めた。

17-3-2 標準化データフォーマット

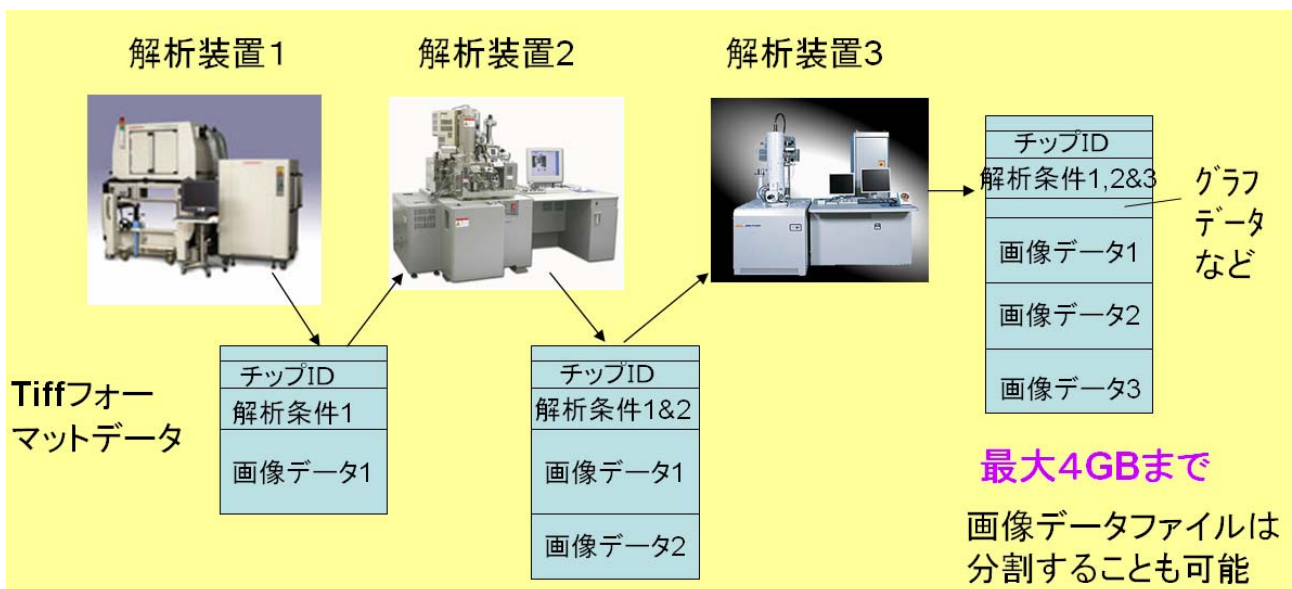
標準化 SWG では、2007 年度、解析装置間で使用される座標系情報の共有化や、解析履歴の確認容易化を図るため、解析装置で扱われるデータフォーマットの標準化の検討を進めた。

データフォーマットは一般的な画像フォーマットとして知られる、Tiff(Tagged Image File Format)をベースとして、装置固有の情報を書き込む領域、ユーザが自由に書き込める領域を確保し、それらを XML(Extensible Markup Language)形式で統一することとし、これを故障解析スタンダードフォーマット(FA-STD フォーマット)と名づけて実用化の検討をおこなった。

図表 17-5 に示すように、解析結果、解析条件は、解析装置からこのフォーマットで出力されるとファイルに追加書き込みされ、履歴として残っていく。

グラフデータも記録可能であるほか、公開が問題となる情報については暗号化して保存し、同一ベンダ装置のみで再現可能とすることを考えている。

さらに特徴的なことは、最終的に作成されたデータは、データベース化が容易な形に自動的に出来上がることである。

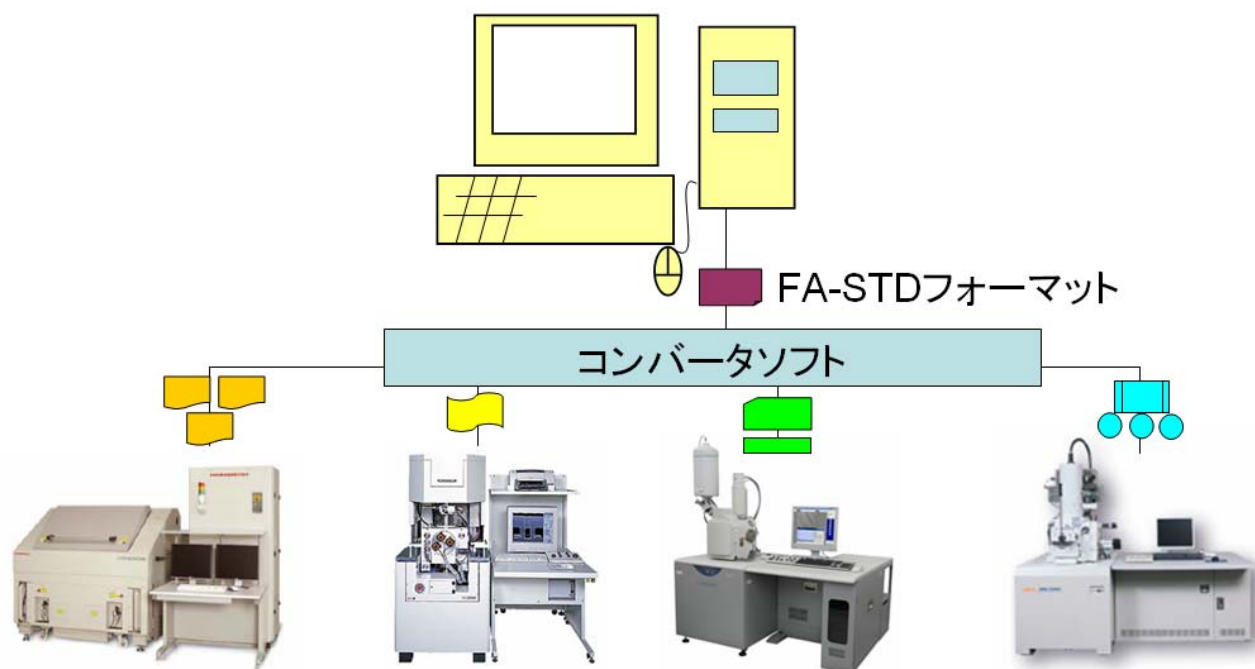


図表 17-5 FA-STD フォーマットでのデータの流れ

17-3-3 標準化の今後の取組み

この解析装置間でデータを共通化する FA-STD フォーマットを普及させるには、装置メーカーの協力が不可欠である。装置メーカーの協力を得るためには、まず、このフォーマットの有効性を示す必要があると考えた。

そこで、2008 年度は、各装置メーカーで扱っているデータフォーマットを FA-STD フォーマットに変換し管理するコンバータソフトを大阪大学にて作成していただき、これを半導体メーカー各社に配布し、半導体メーカー内で FA-STD フォーマットの有効性を示すための評価を進めることにした。



図表 17-6 コンバータソフト概念図

17-4 まとめと今後の課題

今年度は、ロードマップ作成のための基盤固めとしての最新情報収集と、故障解析ロードマップの中でも最重要課題に位置付けられる故障解析の標準化について活動をおこなった。

来年度も引き続き最新情報収集を行うとともに、最新技術をロードマップの中にどう位置付けしていくか議論していく。また、故障解析標準化に関しては、故障解析標準フォーマットの具体的活用法を検討していきたい。