

第 14 章 WG11 歩留まり向上

14-1 はじめに

YE(Yield Enhancement) 章は YMDB(Yield Model & Defect Budget)、DDC(Defect Detection and Characterization)、YL(Yield Learning)、及び WECC(Wafer Environmental Contamination Control)の 4 つの技術領域で構成され、日本の JEITA・STRJ・WG11 はその中で YMDB(歩留まりモデルと装置許容欠陥数)の更新/改定を分担している。今年度は 2 年毎に行われる ITRS 改定の年にあたり、WG11 では YE-ITWG の一員として章の構成を含めた全体の見直しに参加した。今年度の主な国際活動は、年 3 回の ITRS 定例会議(第 27 回/2007 年 4 月_欧州アムシー、第 28 回/2007 年 7 月_米国サンフランシスコ、第 29 回/2006 年 12 月_日本鎌倉)への代表者参加、並びにメールベースでの他 ITWG メンバとの更新内容協議である。国内では、分担領域の最新技術動向に関する国内専門家からのヒアリングおよび討論が主な活動である。STRJ ワークショップでは、必要とされる技術が未確立な中での歩留まり向上マネジメントという視点から議論した。他に、WG11 が ITRS の章立てでは独立している Metrology と Yield Enhancement の 2 つの章を兼務している件について見直しを行い、来年度からは Metrology を WG14 として分離独立させる事になった。以下、14-2 では ITRS2007 改定内容を説明し、14-3 以降で STRJ 活動の TOPICS として、電気特性 TEG、エッジ検査、WECC について紹介する。

14-2 ITRS 2007 年版改定

今回の最大の変更点は、近年 ITWG への代表者参加及び内容改定が行われていない台湾分担の YL について、Table を削除し解説を本章と統合した点である。2006 年 12 月の第 26 回台湾新竹 ITRS 定例会議では、YL を担当する台湾が米国/欧州のサポートを得て活動を再開する事が確認されたが、残念ながらその後も活動が再開される事がなかった。YL は YE の中心となる技術領域であり、当面は他の YE 内の技術領域や他章での YL 関連技術要求事項の積極的取り込みが必要である。

14-2-1 Scope

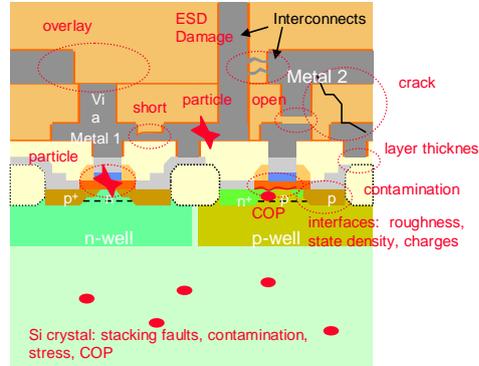
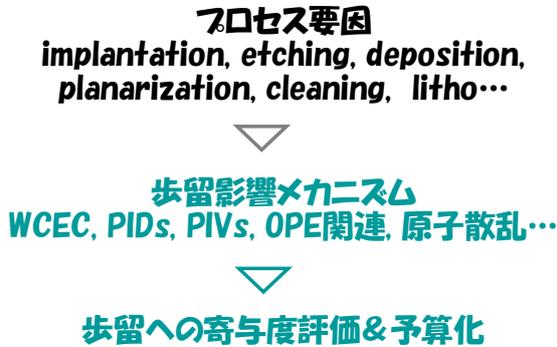
新たに各種不良を紹介するデバイス断面構造図(図表 14-1)が追加された。ITRS2006 までの YE 章がその念頭に置いていたのは、Critical Area を考慮したマスクパターンに対して Extra/Missing Material による Short/Open が発生して歩留まり低下が発生するという、各種の不良モードを共通モデルで纏めた歩留モデルであったが、ITRS2007 からは WCEC(Wafer Contamination & Environment Control)、PIDs(Process Induced Defects)、PIVs(Process Induced variations)、OPE(Optical Proximity Effect)、原子散乱等の、多様な歩留まり低下メカニズムを統合した新しい歩留モデルの構築を視野に入れている。

14-2-2 Difficult Challenges

図表 14-2 に、ITRS2005 から ITRS2007 への Difficult Challenges の変更を示す。ITRS2005 には YL 関連項目(白字)が 2 項目あったが、討論の際に YL 代表者が不在の為、いずれも ITRS2007 には引き継がれなかった。これは、その必要性を主張すると YL を引き受けなければならなくなる可能性があると考えた各極(欧州、米国、日本)が、議論に消極的であった影響もあると思われる。また ITRS2007 の青地の OPE 関連の項目は、日本が提案して新たに付け加えたものである。ITRS2007 の Long-Term 項目が少ない事が目に付くが、その理由は主に Double Patterning や EUV が展開された時の歩留まり向上に関する問題点予測が纏められなかった事によるもので、内容充実が今後の課題である。

新しいIYE章のSCOPE

Critical Area考慮Open/Short不良モデルから 要因別不良モデルへ？



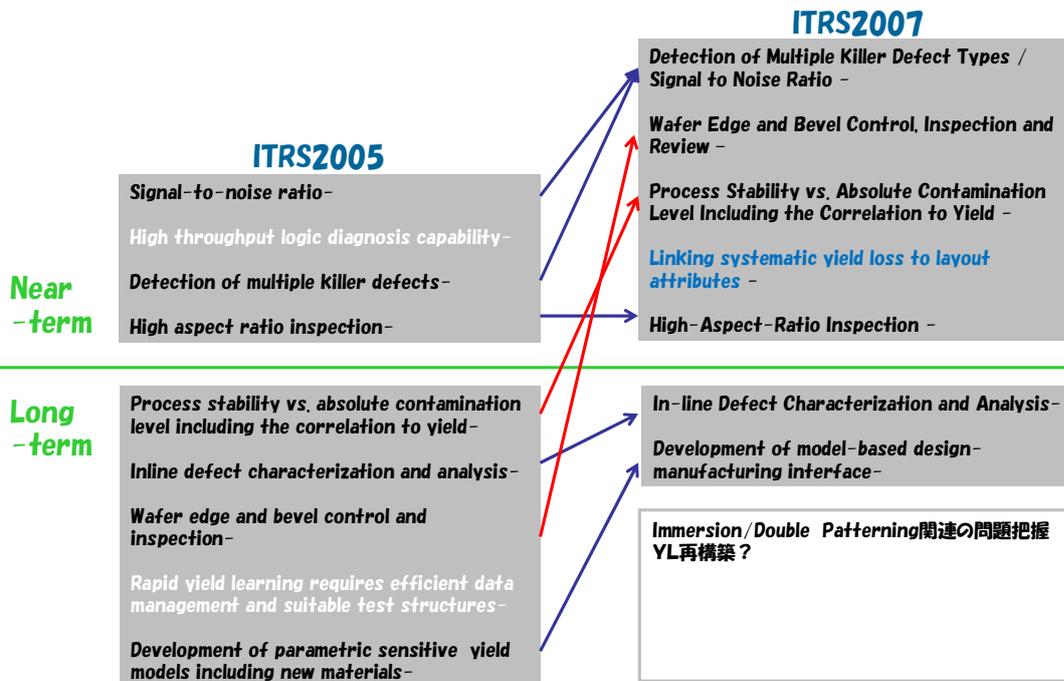
4月のITWG Meetingで 今後の方向について議論する予定

Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上 5

図表 14-1

Difficult Challenges 2005→2007



Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上 6

図表 14-2

14-2-3 YMDB 改定

ITRS2006 では、DB Table(装置許容欠陥数テーブル)の数値計算方法に関して以下 2 点の改定を行った。

1. 基準となるチップサイズがない為に、装置許容欠陥数計算時に ORTC で提示されるチップサイズの変動が、そのまま装置許容欠陥数の変動となる問題を、基準チップサイズの設定で解決した。
2. 歩留モデルを表現する数式について、Ymaterial という材料起因歩留低下要素を新たに導入する事により、複数のモデル(FEP はポアソン/YE は負の 2 項分布)が共存出来る様にした。

今回改訂は、上記内容の Table 数値への反映だけでなく、文章中にもその趣旨の説明を盛り込んでいる。

FLASH については、新たに ORTC で提示されるチップサイズに対応する Defect Density 要求値を Table に掲載したが、PWP については掲載していない。PWP の算出には、標準プロセスを決定して該プロセスフローに於ける各要素プロセス(ex.CMP Clean)の使用回数を数え上げる必要がある。SEMATECH は、DRAM 及び LOGIC における該数値は算出したが、FLASH については算出していないので、現状では FLASH の PWP は算出出来ない。

上記の様な FLASH への対応を含めた DB Table の Update の為の再調査は、ITRS に調査結果を提供して YMDB を作成した SEMATECH に再調査する意志が無い事等が起因して、実施のメドがたっていない。DB Table は、欠陥密度については、歩留/チップサイズ一定の制約下で世代毎の設計規模増大を Critical Area 増加でモデル化する事によって外挿可能だが、Kill Ratio については外挿を可能とする様な一般的なモデルが無い為に、実際の調査に基づいた Update が無いと精度が低下する懸念がある。

Scope で示した様に、今後は多様な歩留まり低下メカニズムを統合した新しい歩留モデルの構築が課題となっており、装置許容欠陥数はその中で特別な関心がはらわれる項目ではない。しかし一方で、装置の導入/メンテ等に関する数少ないリファレンスである事も事実で、引き続き ITWG での YMDB の再調査/廃止を含めた議論が必要である。

14-2-4 DDC 改定

DDC の改定要旨は以下であり、全体としては実際のラインでの作業で必要となる実用的項目が目立つ。

1. 要求検査感度の基準 DR 値を flash 基準に変更(数値が厳しくなった)
2. マクロ検査の項目を追加
3. 電子ビーム式欠陥検査装置の要求感度を、電氣的欠陥と物理的欠陥に分離
4. テーブルを分離(追加)したもの
 - 1) パターン付検査と HARI 検査(EB 検査)
 - 2) マクロ検査とベベル検査そして異物検査
 - 3) レビュー装置に ADC
5. 異物検査に検出欠陥座標精度の要求値を追加
6. 検査速度の定義と要求数値を一部見直し
7. エッジ検査装置の仕様追加(Difficult Challenge)
8. 全検査装置に裏面異物の管理基準値を追加

14-2-5 WECC 改定

WECC の改定内容は多岐に及ぶが代表的内容は以下 3 点である。



WECC改定-1/3

特殊ガス(エッチングガス、CVDガス、ドーパントガス等)の要求項目が細分化/増加

Specialty Gases	2006	2007
Deposition gases e.g.	SiH4, (CH3)3SiH, NH3	SiH4, (CH3)3SiH
Deposition gases e.g.		NH3
Deposition gases e.g.	-	N2O, NO
Deposition gases e.g.	-	WF6
Deposition gases-electrical dopants e.g.	AsH4, PH3, GeH4	AsH3, PH3, B2H6
Deposition gases		GeH4
Implant gases	-	AsH3, PH3, BF3
Laser gases Litho	-	F2/Kr/Ne
Etchants-Corrosive	BCl3, Cl2	HBr, BCl3, Cl2
Etchants-Non-corrosive	C2F6, NF3	C5F8, C4F8, C4F6, CH2F2
Etchants	-	Xe

Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上

図表 14-3



WECC改定-2/3

温湿度管理を新規追加、Litho/Metrologyは他エリアより厳しい要求値に

Year of Production	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Flash 1/2 Pitch (nm) (un-contacted Poly/Kf)	54	45	40	36	32	28
DRAM 1/2 Pitch (nm) (contacted)	65	57	50	45	40	36
MPU/ASIC Metal 1 (M1) 1/2 Pitch (nm)	68	59	52	45	40	36
MPU Printed Gate Length (nm) ††	42	38	34	30	27	24
MPU Physical Gate Length (nm)	25	23	20	18	16	14
Add Critical areas (Litho, Metrology)						
Add Temperature range in +/-K at POE [37]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Add Maximum short term temperature variation at POE in +/-K/5 min [37]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Add Maximum long term temperature variation in +/-K/hour. at POE [37]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Add Humidity range in +/- % relative humidity r.H. at POE [37]	3	3	3	3	3	3
Add Maximum short term humidity variation in +/-r.H./5 min at POE [37]	2	2	2	2	2	2
Add Non-critical areas (others than Litho, Metrology)						
Add Temperature range on +/-K at POE [37]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Add Humidity range in +/- % relative humidity r.H. at POE [37]	5	5	5	5	5	5

Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上

図表 14-4

WECC改定-3/3

Cu配線工程の環境に、H2SとS化合物の要求事項が追加(独立)

Year of Production	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Flash ½ Pitch (nm) (un-contacted Poly)(f)	54	45	40	36	32	28
DRAM ½ Pitch (nm) (contacted)	65	57	50	45	40	36
MPU/ASIC Metal 1 (M1) ½ Pitch (nm)	68	59	52	45	40	36
MPU Printed Gate Length (nm) ††	42	38	34	30	27	24
MPU Physical Gate Length (nm)	25	23	20	18	16	14
WAS Exposed Copper Wafer Environment (Cleanroom/POD/FOUP ambient)						
IS						
WAS Total Inorganic Acids	500	500	500	500	500	500
IS						
WAS Total Organic Acids [30]	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
IS						
WAS Total other corrosive species [32]	1000	1000	1000	1000	1000	1000
IS						
ADD H2S	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ADD Total sulphur compounds	10000	10000	10000	10000	10000	10000
WAS Exposed Aluminum Wafer Environment (Cleanroom/POD/FOUP ambient)						
IS						
WAS Total Inorganic Acids	500	500	500	500	500	500
IS						
WAS Total Organic Acids [30]	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
IS						
WAS Total other corrosive species [32]	1000	1000	1000	1000	1000	1000
IS						

AMC:一般ウェハ環境は要求プロセスが無いため全面削除

Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上

図表 14-5

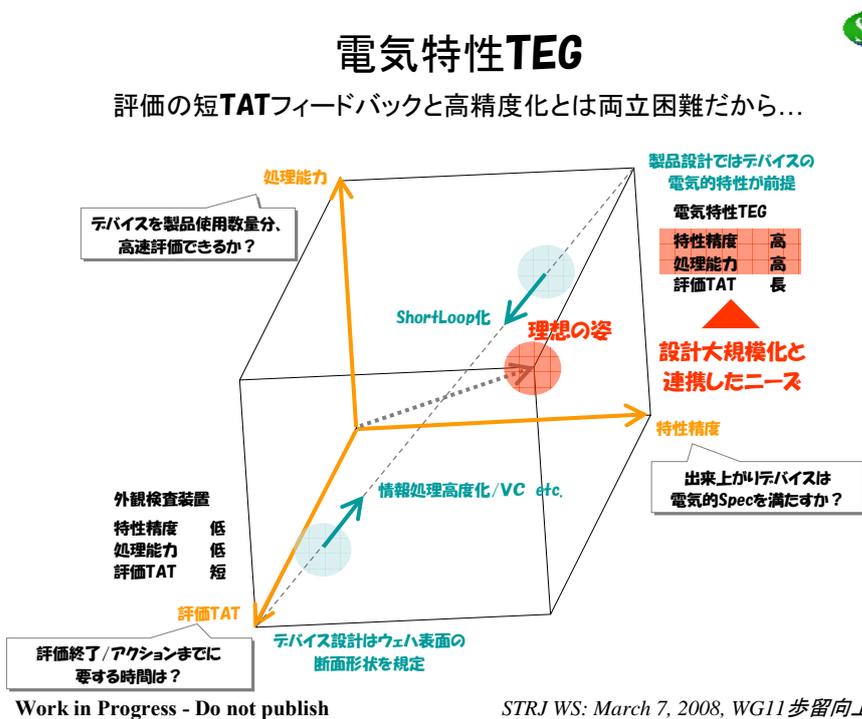
14-3 電気特性 TEG

14-3-1 見えない化の進行と電気特性 TEG(test element group)検査

微細化の進行に伴い、従来の検査装置である光学式検査装置、SEM に代表される電子線を用いた形状観察装置による検査では、“見えない化”が進行している。先端デバイスでは、既に波長限界を超えた微細構造を持つデバイスが存在するといういわゆる単純な“見えない”状況にあるだけでなく、回路規模の増大、複雑化 及び設計ルール数の指数的増大に伴い検査結果が膨大になり、その結果をきちんと評価、Process に反映させることが困難になるとともに、歩とまり低下につながる故障、欠陥要因が複雑化して、マスクレイアウトの DFM 修正が不適切等、デバイス内部に及ぶに従い、広い意味での“見えない化”が進行している。その様な状況から、従来製品検査、もしくは最終ウエハ検査にしか用いられなかった電気的特性評価によるプロセス評価の試みが始まっている。また、電気的特性においても、デバイスの微細化、多様化の中で、RTN(Random telegraph noise)といった従来検討していた物理とは異なる現象を、議論するようになってきている。

歩とまり改善用の電気的な評価と言う点では、SEM 観察下での Voltage contrast などを用いたものも存在するが、Open/Short といった簡単な電気的評価に限定されてしまっている。一方、TEG(test element group)でのパラメータテストを用いた評価は、抵抗だけでなくトランジスタの特性といった特性評価にまで対応でき、RF での測定など、より実デバイスの駆動環境に近いような状況での特性評価にまで実現されている。さらには、高速化、大規模化に対応するために Matrix TEG と呼ぶメモリに近いような構造を持った高度化した TEG を用いた検査にまで発展している。

このような電気特性 TEG 検査の状況を理解するために、理想的な検査と比較して、現在の外観検査装置と電気特性 TEG の現状を模式的に表現したのが図表 14-6 である。



図表 14-6 電気特性 TEG の位置付け

この図においては、デバイスの複雑化、大規模化に伴う検査数の増大に対応するための“処理能力”、評価終了/アクションまでに要する時間である“短 TAT(Turn around time)”、出来上がりのデバイスの電気的特性をきちんと示しているかと言う“特性精度”の 3つの指標での評価を行っている。従来の外観検査装置は短 TAT ではあるが、デバイス特性との関連付けが、電気的な検査に比べると弱く、電気的特性評価は電気的

性と言う意味ではデバイス特性に近いし、画像解析を伴わないために処理能力の高速化には比較的対応しやすいものであったが、TEG という検査対象を作りこまなければならないため、短 TAT には対応できず、理想的な検査の姿には隔たりがあった。電気試験も、Process 途中 M1,M2 作成直後に行う、In-line test によって短 TAT を実現しようとしている動きもあるが、製品ではない TEG での検査と言う限界、すなわち製品での歩留低下につながるデザインルールを予め予測してエレメント化し、そのプロセスマージンを TEG で評価確認することは常に存在している。

14-3-2 電気特性 TEG の高度化

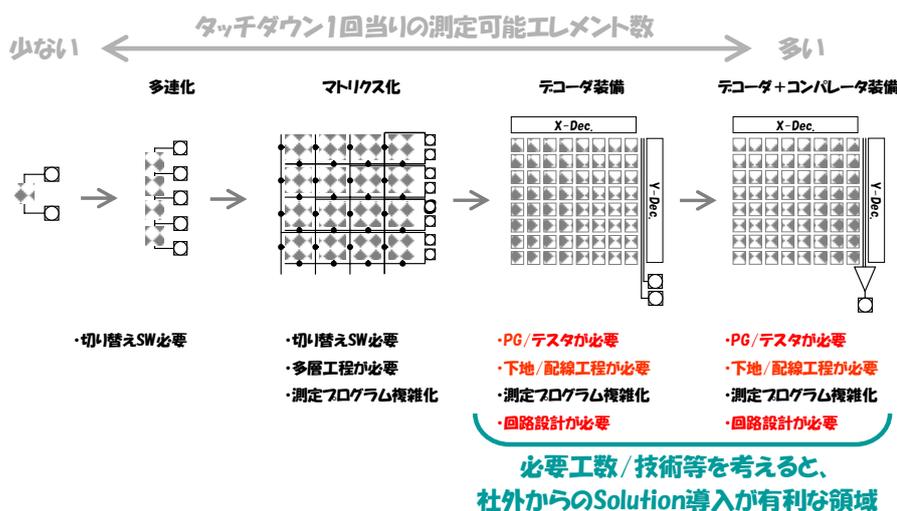
TEG を用いた電氣的検査において検査処理能力を上げるためには、検査装置であるパラメータテスタの高度化とともに、TEG の高度化も必要不可欠である。電気試験においては、テスト時間よりも計測の準備にかかる時間、インデックス時間と呼ばれる検査装置と TEG の電氣的な接続を行う時間をいかに短くするかが鍵になる。その方法としては、1)パッドと呼ばれる電極の数を増やすこと、2)TEG をアレイ化して同じパッドで複数の測定エレメントのテストを行えるようにすること、3)パラメータテスタを高度化して、複数の測定を並列化して同時に行えるようにすること 4)パラメータテスタではなく TEG 内に作りこんだコンパレータなどの測定ユニットを用いて複数同時測定を行うなどがある。

図表 14-7 に、アレイ化とさらにそれをマトリックスにまで発展させ、デコーダーやコンパレータといった機能まで TEG に持たせることで、高速大量計測を可能にしている例を示す。既に、このような特殊な TEG の設計のビジネス展開が始まっており、外注化の流れの中で、解析、評価を含めて歩とまり向上として、プロセス改善自身を請け負う業者も存在する。



電気特性 TEG の高度化

測定効率を追求すると最終的にはメモリとなるが、設計/測定の手間も急増



Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上 17

図表 14-7 電気特性 TEG の高度化

14-3-3 電気特性 TEG の測定時間

前項で示したような大規模で、特殊な TEG の使用は別にしても、パラメータテスタの高速化に伴い電気特性 TEG の評価は一般化しつつある。図表 14-8 に外観検査装置のスループットと比較して電気特性 TEG での測

定時間例を、示す。1 枚のウエハに 16 万個の計測エレメントを想定して、測定エレメントの種類、パッド数などの測定条件に応じて計算した結果である。測定エレメントによって電気的なテスト時間は異なるので、横軸に各エレメント一個のテスト時間をとり、その時のウエハ 1 枚あたりの測定時間を縦軸に表示し、パッドの数と同時測定数を変えて、それぞれの条件のときに計算してある。

横軸のエレメントのテスト時間としては、簡単な Open/Short や抵抗測定では、ミリ秒以下の測定時間であり、ほぼ TEG のパッド数によってウエハ 1 枚あたりの測定時間が決まっていることが解る。トランジスタの特性評価においても Ion(動作電流:テスト時間 30ms), Vth(閾値電圧:テスト時間 50ms)といったものに関しては、簡易的な測定方法を選ぶことで、数十ミリ秒で測定でき、グラフの右端の青色の部分で示してあるように、テスト時間によっても変動する。また、外観検査装置の測定時間は ITRS におけるプロセス開発、導入、生産における要求検査スループットの換算値を赤線で、横軸と平行に示してある。今回使用しているウエハ 1 枚あたり 16 万個といった程度のエレメント数では、電気的測定においても、従来は、数百個のパッドを用意しなければならないような特殊な装置を必要としていたが、47 パッド測定(赤色太線)という従来のスクライブ TEG と同等の条件でも、5 個同時測定などの方法を用いることと、パラメータテストの高速化によって、ほぼ外観検査装置のスループットと比較できる状況に至っている。(緑⇒)さらに、青色で示している数十ミリ秒かかる Vth, Ion といったトランジスタ特性に関しても、ほぼ同等の検査スループットが実現されている。

外観検査装置 vs. 電気特性 TEG

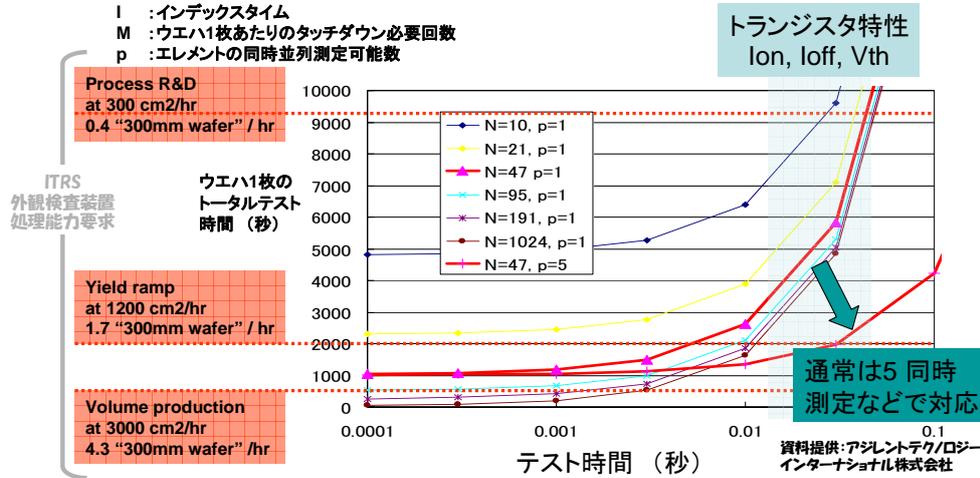


電気特性 TEG による測定を ITRS 外観検査装置要求*1と比較すると...

* 1. ITRS-YE-DDC に記載

$$\text{ウエハ1枚のトータルテスト時間} = (N \times T / p + I) \times M$$

- N : 1回のタッチダウンで測定可能なエレメント数 $N \times M = 160000$
- T : 1エレメント当りの平均測定時間
- I : インデックスタイム
- M : ウエハ1枚あたりのタッチダウン必要回数
- p : エレメントの同時並列測定可能数



トランジスタ特性を含む電気測定も、同時測定等により外観検査装置と測定時間は同等

Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上

図表 14-8 電気特性 TEG の検査時間

14-3-4 電気特性 TEG によるばらつき評価

前項でみたようなトランジスタ特性の高速測定技術を用いて、トランジスタ特性の大量測定によるばらつき評価が行われるようになってきている。実測例として、半導体 MIRAI プロジェクト、“Robust transistor Project”の結果をご紹介します。微細化に伴いデバイスの電気的特性のばらつきが、原子レベルでのばらつきに近づきつつある最先端デバイスでは、ばらつきを含めた形での、歩とまり向上が必要になっており、トランジスタ特性の最も基本的な Vth, Ion といったトランジスタ特性を、ばらつきを含めて計測することが求められてきている。

ここでは、8k 個のトランジスタ特性を測定すること、プロセスの状況を、ばらつきの統計的な処理を含めて評

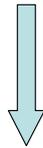
価している。この結果を用いて、プロセス改善において避けられないばらつきに対して、デバイス特性には反映されにくい、“Robust”な条件を見出していこうという試みである。



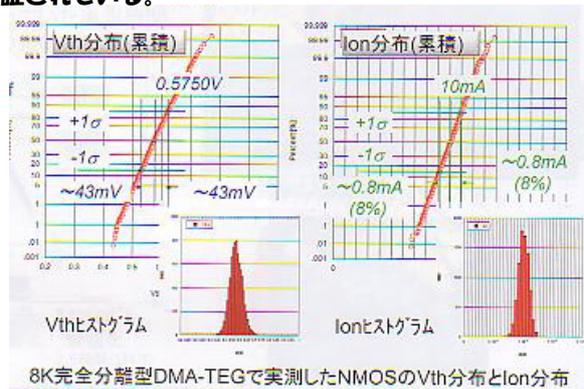
Tr特性の統計的ばらつき評価

ばらつき考慮設計に必要となるTr特性の統計的把握ニーズが顕在化 = 測定負担大！

Ion, Vthといったトランジスタの特性値についても統計処理が行われる
 Selete Miraiでの8k個のトランジスタの測定からも5 σ の範囲で正規分布として統計的な振る舞いをする事が実証されている。



- ・電気試験によるProcessの評価
- ・EDA (DFM) とのリンク
- ・統計処理を含むばらつき評価



ばらつき量と各要因との相関データ収集には 更に多大な測定時間が必要

Work in Progress - Do not publish

STRJ WS: March 7, 2008, WG11 歩留向上 20

図表 14-9 Tr 特性の統計的ばらつき評価

今回の測定例では、P-MOS, N-MOS での特性ばらつきに差が見られたが、Vth, Ionともに、8k個のトランジスタが5 σ の範囲できちんと正規分布していることが確認された。図表 14-9 には N-MOS での測定例を示す。

*) その他、同様の測定によって、このような正規分布から外れる特徴的な異常に関して、チャンネル幅の狭まりといった固有の故障原因が推定されるなどのプロセス評価への応用の報告も行われている。今後、ばらつきを含めたモデリングといった試みなどを通じて設計への連携により、より効果的な歩とまり向上の方法としての確立が期待されている。しかし、歩とまり改善のためのきちんとした検査方法として確立して行くには、機差なども含めたきっちりとした検査装置として評価、検査方法の確立、TEGを含めた検査環境の整備が必要である。

参考文献

- *)2007 年半導体 MIRAI プロジェクト成果報告会 資料

14-5. WECC

14-5-1. 微小パーティクル

見えない化進行の中で微小パーティクルの特性を把握し制御することが重要になってきている。1nm 以下は分子的形態で存在しケミカルフィルターで制御可能である。50nm 以上は粒子的形態で存在し ULPA フィルターで制御可能である。前者は GC-MS 等、後者はウェハ欠陥検査装置にて計測が可能である。しかしながら、1nm から 50nm までの微小パーティクルの汚染形態は明確でなく、汚染制御手法についても確立されていない。計測技術についてはウェハ表面金属分析のみ可能である(ICP-MS)(図表 14-13 参照)。一方でウェハ上のパーティクルはより微細な粒径まで制御が求められている。クリーンルームはミニエンバイロメント方式の導入により緩和されているが、ウェハに接触する装置内部や FOUP 内部等の清浄化は強く求められてきている。



図表 14-13 パーティクルの汚染形態と制御手法と計測方法 資料提供：東京エレクトロン株式会社

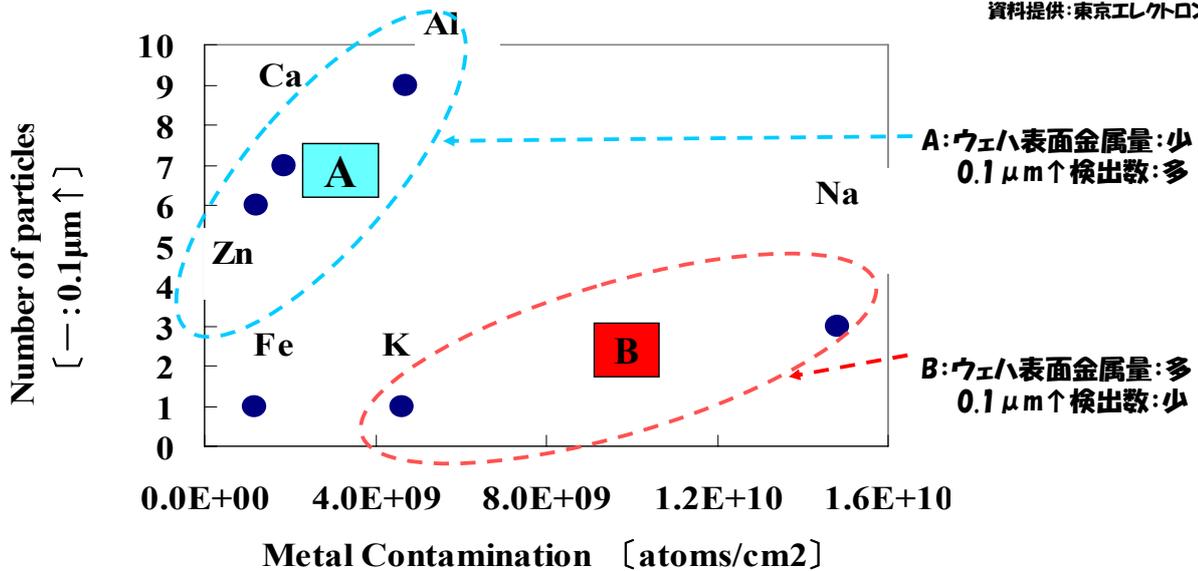
ここでは、WG11 の活動の一貫として行った各社のヒアリングの中から、東京エレクトロン株式会社殿にご報告していただいた、微小パーティクルの特徴の理解とその抑制方法について検討した内容を紹介する。50nm 以下の微小パーティクルでは慣性力や重力が付着のドライビングフォースになっていた領域から拡散が支配的な領域へと遷移していくため従来手法が無効になっていく可能性が考えられる。新規のパーティクル付着防止方法としてダブル ULPA 法と熱泳動力を利用する方法について説明する。

14-5-1-1 微小パーティクルの存在形態とダブル ULPA 法

パーティクルの ULPA フィルター捕集効率はブラウン拡散とさえぎりにより決定される。ブラウン運動とさえぎりの両方もあまり働かない領域が存在する(0.1 μm 付近)。粒径が >0.1 μm ではさえぎりにより捕集効率が高くなる。粒径が <0.1 μm ではブラウン拡散により捕集効率は高くなる。ULPA フィルター透過金属汚染の挙動を解明することで 50nm 以下の金属汚染物質の形態検証をした。

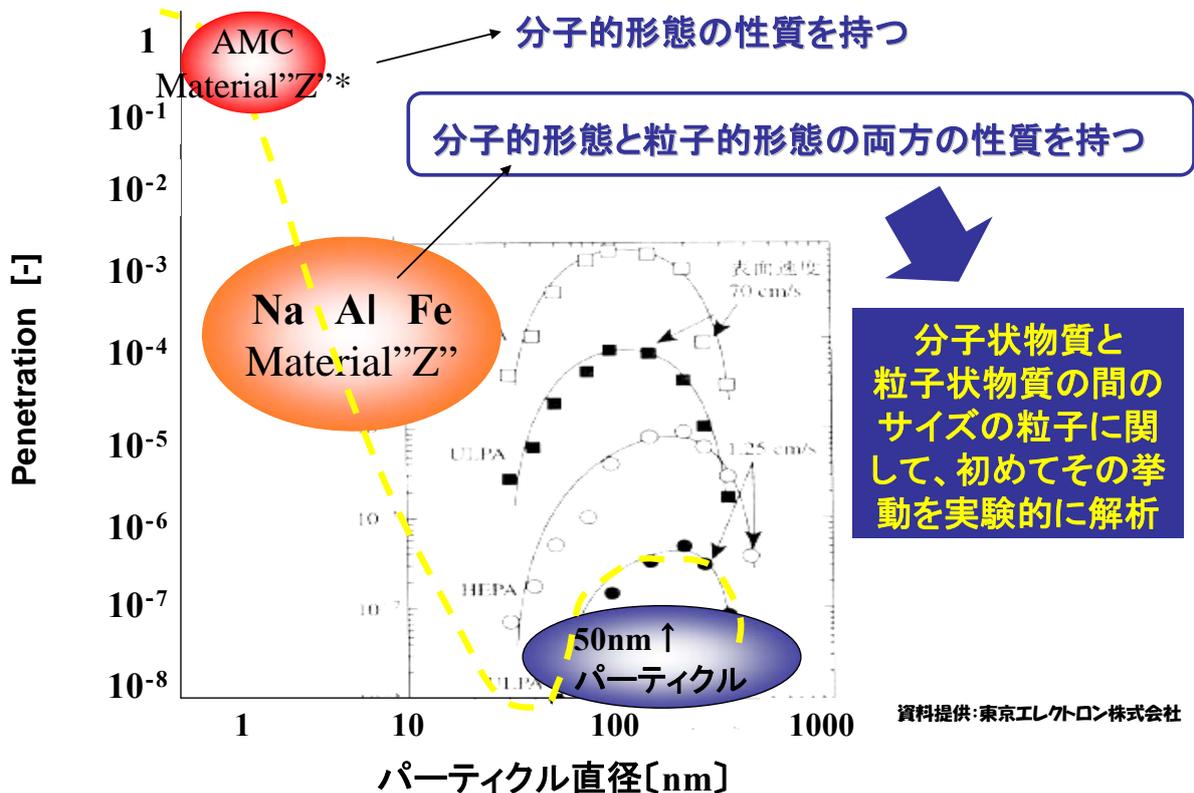
ULPA フィルターを透過するパーティクルの性質を調べるために、ULPA フィルター有無で粒子的形態と分子的形態の金属について評価した。パーティクル計測にはウェハ表面異物検査装置、成分分析には欠陥レビュー SEM および EDX、ウェハ表面金属分析には VPD-ICPMS を用いた。クリーンルーム環境からウェハに付着する金属含有パーティクル数とウェハ上金属汚染量の比較のグラフを図表 14-14 に示す。金属は A グループと B グループの二つに大別される。A はウェハ表面金属量は少ないが 0.1 μm 以上のパーティクルが検出されているグループ、B はウェハ表面金属量は多いが 0.1 μm のパーティクルが少ないグループである。EDX の結果からパーティクルからは Na や K があまり検出されていないにも関わらず VPD/ICP-MS 分析の結果から Na が多く検出されていることから、B グループは 0.1 μm 以下のパーティクルまたはその他の形態で存在していると考えられる。

資料提供:東京エレクトロン株式会社



図表 14-14 金属含有パーティクルと金属汚染量

B グループの金属に関してさらに詳細に検討した。ULPA フィルターを二重にして捕集効率をあげて(4N×4N)、シングル ULPA とダブル ULPA で透過した金属物質について評価した。図表 14-15 に結果を示す。シングル ULPA では透過する金属は Na, Al, Fe, Material”Z”であった。これらは分子的性質と粒子的性質の両方の性質を持つ。ダブル ULPA 透過後のウエハには Na, Al, Fe といった金属物質は検出されておらず、Material”Z”のみが検出されている。この領域は AMC と同様に分子的性質を持つと考えられる。50nm 以下の金属汚染物質は分子的形態と粒子的形態の両方の性質を持つものと分子的形態の性質を持つものがあることが明らかになった。また、透過金属汚染物質の除去方法として分子的形態と粒子的形態の両方を持つ汚染物質についてはダブル ULPA フィルターの制御が有用であることが実証された。

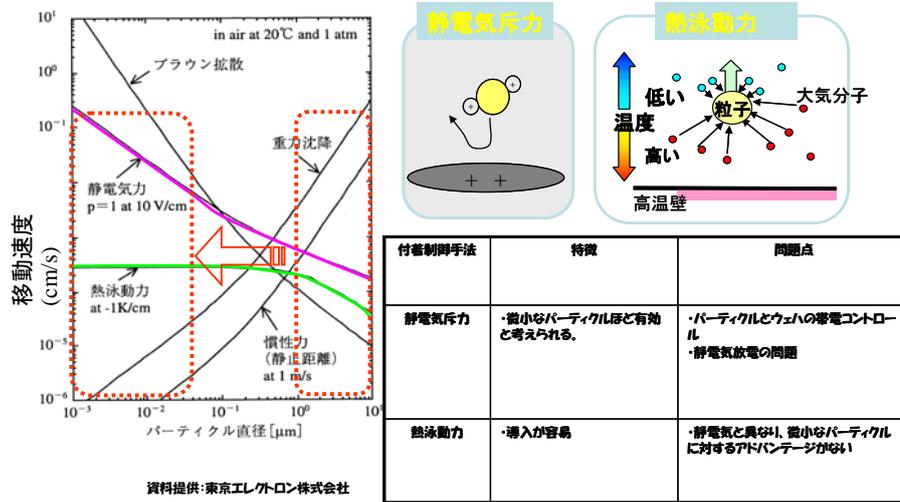


資料提供:東京エレクトロン株式会社

図表 14-15 各種金属不純物の状態評価

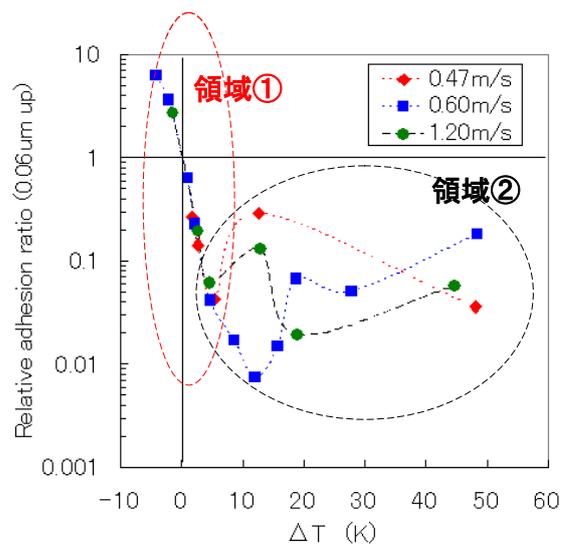
14-5-1-2 熱泳動力による微小パーティクル付着防止

熱泳動力を利用したパーティクル付着防止方法について検討した結果を示す。図表○に示すように、50nm 以下のパーティクルに関しては静電気力や熱泳動力が支配的になっており、製造装置として導入の可能性が高い熱泳動力による 50nm 以下の微小パーティクルの付着抑制効果検証結果を示す。



図表 14-16 微小パーティクルの特性と制御法

60nm 以上の総パーティクル数により算出された相対付着率と温度差の関係を図表 14-17 に示す。相対付着率とは、温度コントロールをしたウェハに付着するパーティクル数と室温ウェハに付着するパーティクル数の比率である。ウェハを冷却すると付着量は増加しウェハを加熱すると顕著に付着量が減少する。温度差が-5 から 5K の範囲では相対付着率が風速の影響を受けず温度差にのみ依存する単調減少である。熱泳動力が付着挙動に影響を与えていることが確認された。また、5K 以上の温度差では相対付着率が温度差に依存しないことが確認された。これをもとに 50nm 以下の微小パーティクルに対する熱泳動力の理論的検討を行い微小パーティクルの相対付着率予測をした。50nm 以下の微小パーティクルに対しても熱泳動力による付着防止効果が推測できた。次世代のパーティクル制御技術として提案できる。



図表 14-17 熱泳動力による微小パーティクル付着

歩留低迷の要因とされる微小パーティクルの挙動解明を行い、その制御方法に関する提案を行った。これらは今後の歩留改善の一つの解となりうると考えられ、今後も継続して調査していく予定である。

本項目の微小パーティクルの挙動と制御方法に関しては、東京エレクトロン株式会社にヒアリングした研究成果を基にしています。東京エレクトロン 林様、田村様、土橋様に感謝いたします。

参考資料:

1) 林、田村、土橋:”微小パーティクルの挙動解明と制御技術開発に向けた東京エレクトロン(株)の取り組み”

2007.7.26 STRJ-WG11 ヒアリング内容

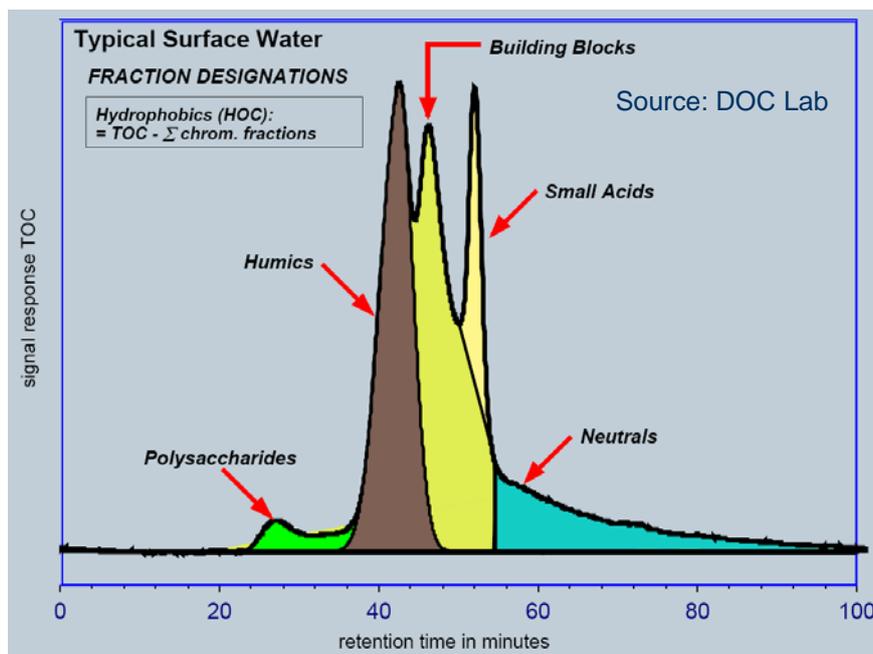
2) 土橋、林:”雰囲気からの分子状汚染付着挙動-半導体製造装置構成パーツの表面金属汚染について-”:第 24 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿(2006) A-6 p.13

3) 田村、山下、松井、土橋、松崎、林:”熱泳動力によるシリコンウェハへの微小パーティクル付着挙動”:第 25 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿(2007) C-2 p.111

14-5-2 超純水(UPW)

超純水はウェット洗浄のリン液や薬液希釈液として高純度な水質が求められてきている。近年は液浸リソグラフィの技術開発、量産に向けて使用される超純水の純度の要求が高まってきている。超純水中の有機物不純物濃度は TOC として 1ppb レベルであるが、その成分は不明であり、多くの種類の有機物が混在していると考えられる。この中で、どのような有機物がプロセスに影響し、どのレベルまで除去すべきかを明らかにすることが求められる。液浸リソグラフィプロセスにおけるレンズのヘイズの問題、短波長紫外線による水中有機物の化学変化などが新たな懸念として発生している。

超純水中の有機物を大まかにグループ分けして分析する装置(LC-OCD/OND)などが提案されており、これら分析手段を駆使した検討が求められる。



図表 14-18 LC-OCD/OND を用いた純水中の有機物分析例

※LC-OCD/OND⇒Liquid Chromatography Organic Carbon Detection/ Organic Nitrogen Detection

有機炭素窒素検出器付液体クロマトグラフィー