走査電子顕微鏡による半導体ウェーハ表面の 異物観察と分析

Microscopy and Analysis of Wafer Particles Using a Semiconductor Defect Review System

山崎 巌	* Iwao Yamaz	zaki 秋	葉恒	直雄*	Tsuneo Akiba
多持隆一郎	* Ryûichirô T	Camochi 能	田隆	≧雄**	Takao Kumada



ウェーハ上の異物像

ウェーハ上の異物分析システムの外観とウェーハ上の異物像

このシステムは, FE-SEM(電界放出型走査電子顕微鏡) "S-4160", 異物解析制御ユニット "RU-700", およびEDX(エネルギー分散型X線分析 装置)で構成する。

半導体生産プロセスでウェーハ上に発生する異物 および欠陥の軽減は、半導体の品質および歩留り向 上の重要な要素である。したがって、半導体生産の 各工程で発生するウェーハ上の異物・欠陥の管理 は、これまでもさまざまな方法で行われてきた。 近年、半導体の高密度化に伴ってパターンサイズ それぞれ移行し,管理対象となる異物・欠陥も微小 なものになってきた。そのため,光学式ウェーハ検 査装置の異物座標をSEM(走査電子顕微鏡)ステー ジ座標に変換することにより,高倍率(数万倍以上) でのSEM観察ができ,同時にEDX(エネルギー分散 型X線分析装置)による組成分析も行える異物分析

が、量産ラインではハーフ ミクロン オーダに、研 究・開発部門ではディープ サブミクロン オーダに

システムを開発した。

* 日立計測エンジニアリング株式会社 ** 日立製作所 計測器事業部

はじめに 1

半導体プロセスで発生する異物・欠陥は、レーザ光の 散乱を応用した光学式ウェーハ検査装置により, その数 や大きさおよびウェーハ上の位置座標が測定されてい る。しかしこの装置だけでは異物・欠陥の外観および組 成が把握できないため、一般に光学顕微鏡や汎(はん)用 SEMなどを併用して、外観検査および組成分析が行われ ている。しかし、電子デバイスの微細化が進むにつれて、 より微小な異物・欠陥が測定対象となってきた。そこで, より高分解能なFE-SEM(電界放出型走査電子顕微鏡) をベースにし, 確実に異物・欠陥を探し出せる分析シス テムの要求が高まってきた。

このような背景から、8インチウェーハ全面観察が可 能なFE-SEM "S-4160" に異物解析制御ユニット "RU-700"およびEDX分析装置を組み合わせた,高分解能非破 壊外観検査と組成分析を実現した異物分析システムを開 発した。ここでは、このシステムの特徴と応用例につい て述べる。



図2 ベアウェーハのアラインメント法 アラインメントは、ウェーハ上の5点(P1~P5)の位置を基準にし て行われる。

座標変換とアラインメント 3

3.1 座標変換

ウェーハ上の異物・欠陥検査システムの構成 2

異物分析システムの構成を図1に示す。光学式ウェー ハ検査装置によって検出されたウェーハ情報,異物・欠 陥情報および座標データは、3.5インチ フロッピーディ スクを介してRU-700に送られる。このうち, 座標データ はSEMの試料ステージ座標に変換されてSEMのステー ジ制御を行い、異物・欠陥の位置を自動的に検索する。 また,探し出された異物・欠陥は,SEMによる外観検査, およびEDXによる組成分析が適用され、その由来が追跡 される。またこのシステムは、最大8インチ径のパター ン付きウェーハおよびベアウェーハに適用できる。

光学式ウェーハ検査装置の座標系は、一般にウェーハ 中心を原点とするものと、ウェーハのオリフラ(オリエン テーション・フラットウェーハ水平規準)の延長線で直行 する外周接線との交点を原点とするものの2種類に大別 される。これらの座標系はいずれもコンピュータによる 演算処理を経て, 直行した伸縮のない理想的座標系に変 換され、さらにS-4160のステージ座標(X=150 mm,Y= 150 mmの直行座標系)に変換される。また8インチウェ ーハの場合は、 ステージの機械的回転を併用して全面の 観察が行われるため,座標変換は回転軸も含めて処理さ れる。

3.2 位置精度向上のためのアラインメント法

異物検索を精度よく行うために、ウェーハのSEMステ ージ座標補正(ウェーハアラインメント)を行う必要があ る。ベアウェーハに対するウェーハアラインメント法を

	広域検査
•	位置座標の検出
	異物クラス分け

異物マップ表示 SEM ステージ制御 ● 座標データ変換

異物の分析 (定性,定量) 形状観察

● 高倍率

図 | ウェーハ上の異物・欠陥検査のシステム構成 このシステムは、各種光学式ウェーハ検査装置に対応が可能である。

56

走査電子顕微鏡による半導体ウェーハ表面の異物観察と分析 803

注: [(ステージ), [(異物アラインメント), [(外周アラインメント)

図4 2種類のアラインメント法と異物位置再現精度 アラインメントを行うことにより,異物位置再現精度は向上する。

イラルスキャン)により,異物欠陥を確実に探し出すこと ができる。

図3 パターン付きウェーハのウェーハアラインメント ウェーハ上の直線にならない、3 個所のパターン原点でアライン メントを行う。

図2に示す。外周の3点(P_1 , P_2 , P_3)でウェーハ中心座 標(a, b)を決定し、ウェーハの半径(r)が算出される。さ らにオリフラ上の2点(P_4 , P_5)でウェーハの回転補正を 行う。また、パターン付きウェーハの場合は、光学式ウ ェーハ検査装置で設定された各パターン内の原点(計3 点)を基点としてアラインメントが行われる(図3参照)。 このウェーハアラインメントを行うことにより、数 μ mレ ベルの異物・欠陥は、ほぼ自動的に検出することができる。

微小な異物・欠陥に対しては、さらに位置精度を高め るため、異物そのものの位置座標を利用した異物アライ ンメントを行う。これは、実際にウェーハ上に存在する 任意の異物・欠陥の座標のずれを実測してあらかじめ登 録しておくことにより、その他の異物・欠陥の位置検出 精度を飛躍的に向上させるものである。2種のアライン メントを実行した場合の、異物・欠陥の位置再現性を図 4に示す。通常、S-4160の試料微動のX、Y方向の再現性 は10 μm以内である。外周アラインメントの場合は平均 50 μmの位置再現性であるが、異物アラインメントを実

4 異物分析システム応用例

4.1 微小な異物・欠陥の観察

ウェーハ上の直径0.1µmのポリスチレンラテックス, および約0.2µmのベアウェーハ上の欠陥の観察例を図 6に示す。いずれもその形態が明瞭(りょう)に観察され ており,このシステムが0.1µm以下の異物・欠陥の管理 に対応できることを示している。

4.2 ウェーハ上の異物の傾斜観察

この異物・欠陥検査システムは、ユーセントリック傾 斜機構を採用している。さらに、ソフトウェア上で視野 ずれ補正機構も備えており、傾斜時の視野ずれを最小に 抑えることができる。図7に示すパッシベーション膜上 の異物の傾斜観察例のように、異物の立体的な外観把握 が可能である。

施した場合は平均20 µm以内である。したがって,数千倍のSEM倍率でも,異物・欠陥が確実にその視野に入る。 さらに,視野から外れた場合でも,試料微動を図5に示すように渦巻状に自動的に移動させるサーチ機能(スパ

図5 サーチ機能(スパイラルスキャン) 渦巻状にステージをコントロールし,視野外の異物を検索する。

57

804 日立評論 VOL. 77 No. 11(1995-11)

図6 微小異物・欠陥のSEM観察例

図8 異物発生源とEDX分析

高分解能SEMを持つシステムであり、高倍率観 自然異物は塩化物が、装置発生の異物は金属元素がそれぞれ検出される。 察も可能である。

図 7 ウェーハ傾斜角と欠陥のSEM像 ウェーハと欠陥との接点の観察が可能で,欠陥の由来が考察できる。

4.3 EDXによる組成分析

ウェーハ上に発生する異物・欠陥の対策には,その原 因を把握することが重要であり,組成分析はそのための 強力な手段となる。

自然異物およびプロセス内の装置から発生した異物の 形態と組成を比較した例を図8に示す。自然異物の場合 はナトリウムやカリウム,カルシウムなどの塩化物が含 まれている。また,プロセス中の各装置から発生した異 物には金属元素(鉄,クロム,ニッケルなど)が含まれる ことが多い。

5 おわりに

ここでは, FE-SEM "S-4160" をベースにした異物分 析システムのシリコンプロセスへの応用例について述べ た。CD(Critical Dimension)-SEM(S-8820, S-7280Hな ど)ベースの異物・欠陥解析システム(EDX取付不可)も S-4160と同様の外観検査が可能である。

参考文献

58

1) 多持,外:日本電子顕微鏡学会,第48回学術講演会子稿 集(1992)

2) 稲田,外:メガビット対応パーティクル評価技術の開発,

住友金属, Vol.43-3, p.35~36(1991) 3) 小谷田, 外:ウェハ付着異物微粒子の計測と分析, 第36 回半導体・集積回路技術シンポジウム論文集(1989)