

# 高感度・高速ウェーハ欠陥検査装置“IS3000”

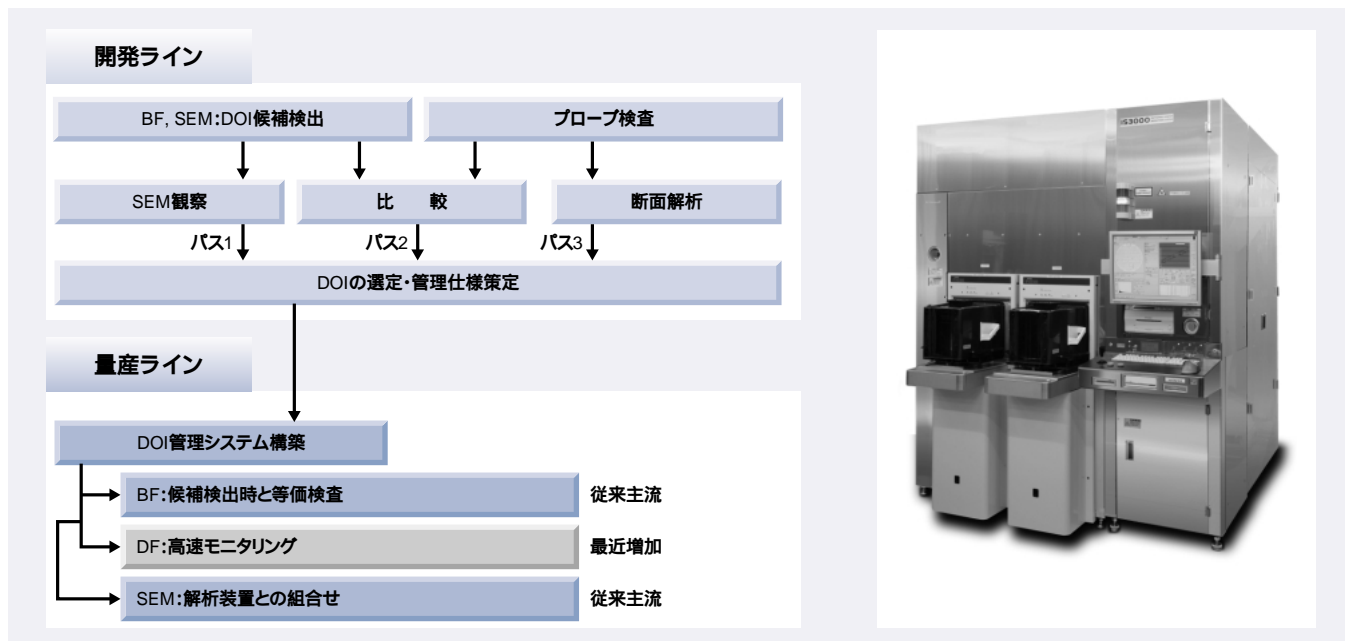
## Dark Field Wafer Inspection System

阿部 茂 Shigeru Abe

中野 博之 Hiroyuki Nakano

関口 卓明 Takuaki Sekiguchi

野口 稔 Minoru Noguchi



注:略語説明 BR(Bright Field),SEM(Scanning Electron Microscope),DOI(Defect of Interest),DF(Dark Field)

### 高感度・高速ウェーハ欠陥検査装置“IS3000”

最新光学系と高速ステージ,高速データ処理機能を搭載し,45 nmノード以降の半導体製造プロセスのインライン全数検査を可能とする検出感度とスループットを実現した。

最先端半導体デバイスの微細化は加速の一途をたどっている。それに伴う検査技術において、開発ラインでは、あらゆる検査装置を用いて不良原因となるDOI(欠陥)を発見し、DOIの管理仕様を策定することが目的となる。一方、量産ラインでは、製品ウェーハを高頻度に検査をすることで、DOIを見逃さない高速モニタリングが主流となってきている。

日立グループは、このようなニーズに応えるために、45 nmノード以降のプロセスで発生する欠陥・異物を高感度・

高速でモニタリング可能な、パターン付きウェーハ欠陥検査装置“IS3000”を開発し、ラインに投入した。IS3000は、パターン付きウェーハ上の異物、スクラッチ、パターンショート、欠けを50 nmの感度で検出できる。また、300 mmウェーハ毎時35枚の高速検査を達成し、高感度、高スループットを両立した。レシピ作成などユーザーフレンドリーな操作性を持ち、検出欠陥の自動分類機能、SEMとのインタフェースも搭載し、解析機能も充実している。

## 1 はじめに

プロセスノードが45 nmに微細化が進む中、半導体デバイスは新プロセス、新材料の導入、300 mm自動化ラインへと大きな変ぼうを遂げつつある。このような背景の下で、ラインの垂直立ち上げや、安定した生産を維持できるかが、半導体メーカーの命運を左右する最重要課題となっている。

高価な設備・装置の稼働率を向上させ、微細化、プロ

セス工程数の増加に伴う異物や欠陥の発生を検知し、歩留りを維持・向上させるためには、高感度かつ高速な検査装置を重要工程に導入し、いっそう多くのウェーハの検査を行うことが必要条件となっている。

“IS3000”は、このような最先端のプロセスのニーズに応えるために開発した、最新鋭の暗視野(DF:Dark Field)式パターン付き異物検査装置である。暗視野式異物検査装置の長所であった高スループットは維持しながら、配線間やコンタクトホール底など、表面以外にあ

る異物や形状欠陥の一部も検出可能とするなど、従来の暗視野式の枠を越えた、画期的な検査装置である。

ここでは、暗視野式パターン付きウェーハ欠陥検査装置「IS3000」について述べる。

## 2 パターン付きウェーハ欠陥検査装置へのニーズ

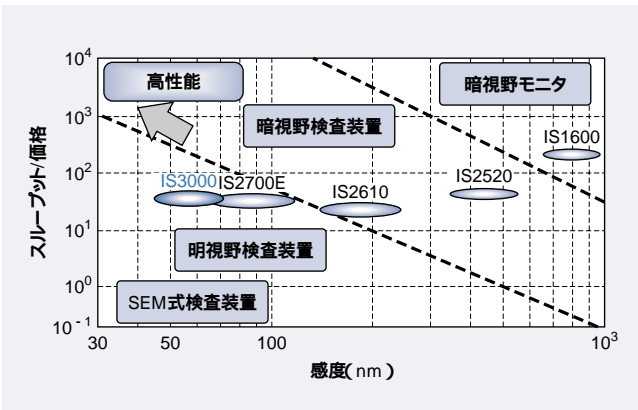
シュリンクスピードが加速しているメモリ系の製品では、ラインの垂直立ち上げのために、歩留りへの要求が従来以上に厳しくなってきた。しかし、現実にはシュリンクに伴う新材料・新プロセスの採用、およびそれらを支える新規装置の導入によって歩留りの悪化原因が急増し、これまでの経験やノウハウに頼った手法では対応できなくなっている。

歩留りの早期向上は、実際に処理されているインプロセスウェーハをできるだけ多く測定し、データを集め、プロセスや製造装置の異常をいかに早く検出してフィードバックを掛けるかにかかっている。

こうした状況下で要求されることは以下のとおりである。

- (1) 高検出感度
- (2) 高スループット
- (3) 検査工程拡大を目的とした検出感度の切換機能
- (4) スタッフが使いやすい操作性
- (5) 優れたCoO( Cost of Ownership )

今回開発した暗視野式パターン付きウェーハ欠陥検査装置IS3000は、従来の「ISシリーズ」の延長線上に位置する装置として、これらのニーズに応えるため高感度と高スループットの両立と高コストパフォーマンスをねらって開発を進めた( 図1 参照 )。



注: 略語説明 SEM( Scanning Electron Microscope )

図1 「ISシリーズ」の位置づけ  
IS3000は、高感度・高スループットを高い次元で両立するとともに、検査コストの低減も実現した。

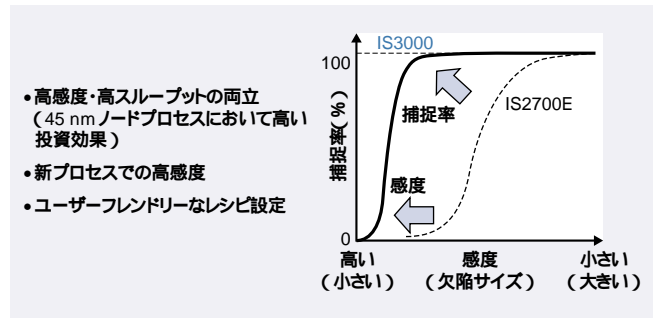


図2 IS3000の開発コンセプト  
欠陥捕捉率、新プロセス対応性能の向上、そしてレシピ設定のさらなる簡易化を目指した。

## 3 技術課題とIS3000の特徴

装置開発にあたっては、高感度・高スループットの両立に加え、異物・欠陥の捕捉(そく)率と新プロセスで発生する欠陥検出性能の向上、工程の拡大を目標に設定した( 図2 参照 )。

### 3.1 高感度異物検出技術

パターンからの散乱光と異物・欠陥からの散乱光を区別して高感度を得るために、次の3項目の技術開発を行った。

- (1) 検出画素サイズの縮小化
- (2) 検出レーザーの短波長化
- (3) キラー欠陥検出のための独自の照明

この結果、45 nmノード以降のプロセスで発生する異物・欠陥を高感度で検出し、歩留りの維持・向上に貢献することが可能となった。

### 3.2 マルチモード検査技術

従来から、感度とスループットという相反する性能を両立させてきた。一方、プロセスノードが進んだ最新プロセスにおける特定の重要工程では、いっそうの高感度化が求められるケースが出てきた。これに対応するために検出感度を3段階に切り替えられるマルチモード機能を搭

表1 IS3000装置の仕様  
IS3000は毎時1ロット以上の高スループット検査が可能である。

項目	仕様		
ウェーハサイズ	300 mm		
検出感度/ スループット (PSL付きベアウェーハ) (連続検査)	0.05 μm/ 5枚 (1時間当たり)	0.07 μm/ 20枚 (1時間当たり)	0.10 μm/ 35枚 (1時間当たり)
解析機能	高精度欠陥座標出力, 欠陥サイズ測定機能, 自動分類機能		
外部インタフェース	Ethernet(FTP), SECS, GEM		

注: 略語説明ほか FTP( File Transfer Protocol )  
SECS( SEMI Equipment Communications Standard )  
GEM( Generic Equipment Model )  
\* Ethernetは、米国Xerox Corp.の商品名称である。

載し、さらに多くの工程の検査が可能となった。

これらの技術課題の達成により、高感度・高スループットを高い次元で両立した検査装置を製品化させた。装置の主要仕様を表1に示す。

### 3.3 容易な操作性

システムLSIなどは少量多品種生産になり、検査条件の作成が大きな負担となっている。

IS3000は、IS2700Eでの容易性を継承しながら、モニタ画面サイズを拡大し、操作時の画面切戻回数の削減や、ウェーハ観察像を常に同一個所に表示することにより、さらに操作性を向上している(図3参照)。

また、レシピ作成時のクリティカルな設定パラメータを四つに減らしているので、約10分で検査条件が作成できる。

### 3.4 観察・解析装置とのリンク機能

検査結果は異物マップとして画面に表示される。検出した異物や欠陥を観察したい時は、検出順あるいは異物マップの見た異物をクリックすると搭載の光学顕微鏡でただちに観察することができる。

また、検出した異物情報に基づき、ディフェクトレビューSEM(Scanning Electron Microscope)RS-4000などで観察・解析を実施する。高い座標精度により、効果的な観察・解析業務が可能となる(図4参照)。

### 3.5 異物分類機能

検出感度向上により、検出個数が増大している。しかし、検出したすべての異物・欠陥が致命的なものではないため、製造ラインにおいて効率的な対策をするには致命的となる異物・欠陥だけを抽出することが必要となる。

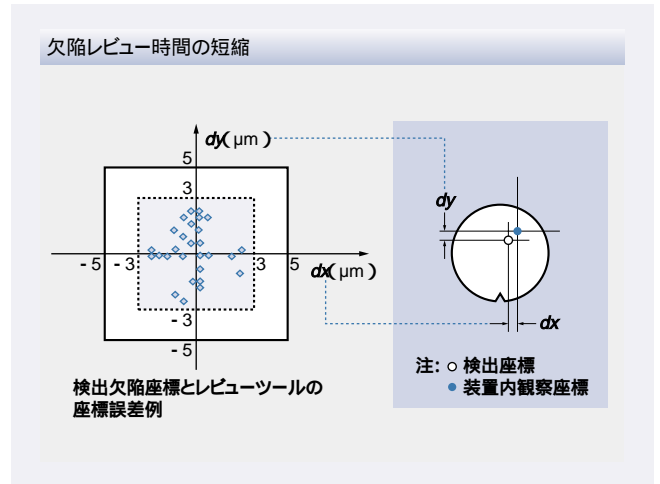


図4 検出異物の観察機能および他の解析装置に対する座標精度  
座標精度は±3 μmの範囲に分布、他のレビュー・解析装置と高精度にリンクし、不良解析時間の短縮が可能である。



注:略語説明 DFC(Dark Field Classification)

図5 自動分類機能設定の画面例

IS3000検査結果とレビュー結果を関連させる簡単な操作で分類設定が可能である。

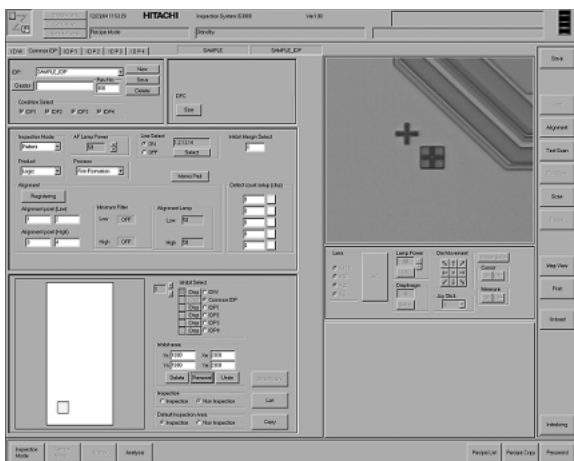


図3 IS3000におけるレシピ設定の画面例

画面サイズ拡大により、必要情報を常時表示可能とした。また画面上にダイアログが重ならないように画面設計した。

IS3000では、検出した異物・欠陥をリアルタイムで分類する自動分類機能を搭載している。自動分類機能設定画面を図5に示す。分類のための特徴量を自動で選択するアルゴリズムにより、従来に比べて分類性能と条件出しの容易性を向上させている。

### 3.6 検出異物・欠陥の例

IS3000が実際に検出した異物・欠陥の例を図6に示す。従来の暗視野式検査装置では困難であった微小異物・欠陥、段差の小さいくぼみ欠陥などを検出できることがわかる。

## 参考文献

- 1) 渡邊, 外: 半導体用暗視野異物検査における検出感度最適化手法の提案(2001.7)
- 2) 宇佐見, 外: 130 nm時代を切り開く次世代半導体検査・評価システム, 日立評論, 82, 10, 667~670(2000.10)
- 3) 長広, 外: 歩留まりアップをもっと速く, 日経マイクロデバイス(2000.10)
- 4) 渡邊, 外: 高感度・高速ウェーハ異物検査装置, 日立評論, 85, 4, 321~324(2003.4)

## 執筆者紹介



## 阿部 茂

1985年日立電子エンジニアリング株式会社入社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ ナノテクノロジー製品事業部 那珂事業所 半導体検査システム第二設計部 所属  
現在, ウェーハ異物検査装置の開発に従事  
E-mail: abe-shigeru@naka.hitachi-hitec.com



## 関口 卓明

1985年日立電子エンジニアリング株式会社入社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ ナノテクノロジー製品事業部 那珂事業所 半導体検査システム第二設計部 所属  
現在, ウェーハ異物検査装置の開発に従事  
E-mail: sekiguchi-takuaki@naka.hitachi-hitec.com



## 中野 博之

1997年日立製作所入社, 生産技術研究所 検査システム研究部 第三研究室 所属  
現在, 光学式検査装置の研究開発に従事  
工学博士  
応用物理学会会員, 電子情報通信学会会員  
E-mail: nakano.hiroyuki@gm.perl.hitachi.co.jp



## 野口 稔

1982年日立製作所入社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ ナノテクノロジー製品事業部 研究開発本部 検査装置テクノロジーセンター 所属  
現在, 半導体検査装置の研究開発に従事  
精密工学会会員  
E-mail: noguchi-minori@naka.hitachi-hitec.com

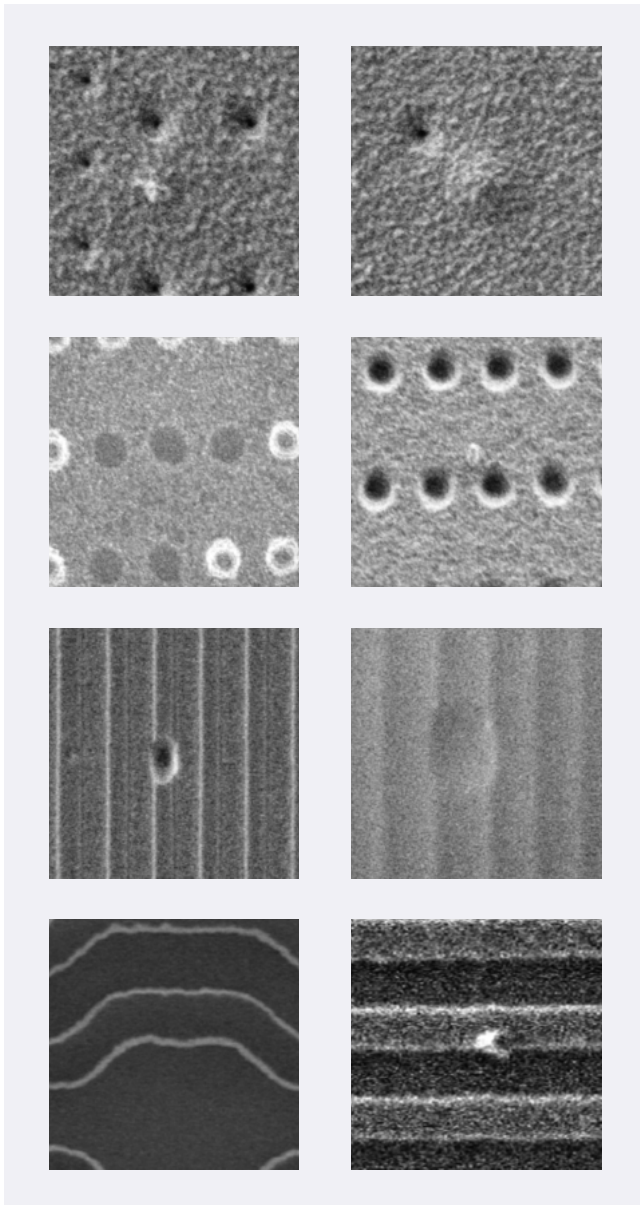


図6 異物・欠陥の検出例

従来の暗視野式検査装置では検出困難であった, パターン上での微小異物・欠陥, 段差の小さいくぼみ欠陥などを検出できることがわかる。

## 4 おわりに

ここでは, 今回開発した暗視野式パターン付きウェーハ欠陥検査装置「IS3000」について述べた。

先端半導体デバイスの開発や量産工場の立ち上げのスピードアップには検査技術がますます重要になる。

日立グループは, 今後も, 顧客ニーズに応えた高感度で高速検査ができる検査装置の開発と性能の向上に努めていく考えである。