

最新のDUV光学式ウェーハ外観検査装置

New DUV Optical Wafer Inspection System

塩崎 篤 Atsushi Shiozaki

小野 貴通 Takayuki Ono

渡辺 正浩 Masahiro Watanabe

桑原 雅之 Masayuki Kuwabara



HA-3000形の特徴

- プロセス対応：次世代90～65 nmノード対応
- 検査モード：セル比較モード
ダイ比較モード
セル・ダイ比較混合モード
- 高速検査：300 mm径ウェーハ毎時3枚
- 欠陥自動分類：RDC標準搭載
- 安全規格対応：SEMI/S2-0200, CE-MARK対応
- FA対応：GEM対応（オプション）

注：略語説明 RDC(Real-Time Defect Classification), SEMI(Semiconductor Equipment and Materials Institute), GEM(Generic Equipment Model)

DUVウェーハ外観検査装置「HA-3000形」の外観と特徴

HA-3000形はDUV(Deep Ultraviolet)光学系を搭載した、明視野光学式ウェーハ外観検査装置の最新鋭機である。90 nmノード以降のプロセス開発・量産に向け、高感度、高スループットを実現している。

テクノロジーノードが急速に加速する中で、ウェーハ検査装置には、半導体デバイスの微細化に伴う「高感度化」や、Arレジスト、Cu配線、Low-*k*膜などの「新材料への対応」、および300 mm径ウェーハ対応への「高スループット化」が求められている。

株式会社日立ハイテクノロジーズは、このようなニーズにこたえる装置として、DUV(遠紫外)光学式ウェーハ外観検査装置「HA-3000形」を株式会社東京精密

と共同開発し、販売を開始した。

この装置では、従来の白色光やUV光よりも波長の短いDUV光を光源として採用することにより、高感度化と光源の高輝度化による検査ピクセルサイズの微細化を図った。さらに、世界最高速の画像処理装置の開発により、従来装置の数倍以上のスループットを実現し、90 nmノードはもとより、65 nmノード以降のプロセスにも対応できる装置としている。

1 はじめに

半導体デバイスのテクノロジーノードは急速に加速しており、一部の先端半導体デバイスメーカーでは、90 nmはもとより、65 nm開発プロセスノードへの移行、量産プロセスノードも130 nmから90 nmへの移行がそれぞれ検討され始めている。そのため、新微細加工技術や新材料の採用が進んでいる。このような中で、ウェーハ検査装置では、従来装置では検出

できなかった微細な欠陥や、新材料による新たなモードの欠陥の検出が課題となっている。光学式欠陥検査装置でのユーザーからの要求は以下のとおりである。

- (1) 微細欠陥検出に必要な高感度検出能力
- (2) パターンノイズ低減とSN(Signal to Noise:信号対雑音)比の向上
- (3) 自動欠陥分類機能の搭載
- (4) 高感度・高スループット検査の両立

ここでは、このようなユーザーの要求に合わせ、株式会社

日立ハイテクノロジーズと株式会社東京精密が共同開発した新形DUV(Deep Ultraviolet:遠紫外)光学式ウェーハ外観検査装置「HA-3000形」について述べる。

2 HA-3000形の特徴

(1) 高感度欠陥検出

従来の可視光光源に代わり、高輝度、短波長のDUVレーザー光源に超解像(SR:Super Resolution)技術を組み合わせた光学系と、強力なダイ比較アルゴリズムの採用により、高感度欠陥検出を実現した。

(2) パターンノイズ低減

パターン付きウェーハ欠陥検査では、色むらやグレインに起因する擬似欠陥検出の問題がある。HA-3000形では、明るさの違いを許容するダイ比較アルゴリズムの採用により、パターンノイズを低減した。

(3) 高スループット

検査ピクセルサイズの微細化やウェーハサイズの大型化に伴う画像処理量の増大に対応して、世界最高速の画像処理装置の開発により、従来の数倍以上のスループットを実現した。

3 HA-3000形の構成

3.1 光学系

一般に、光学系の解像限界は波長 λ に比例し、レンズのNA(Numerical Aperture:開口数)を用いておおむね $\frac{\lambda}{2NA}$ で示され、波長の短縮に比例して解像度は向上する。HA-3000形では、安定した連続発振の高出力レーザーとして波長266 nmのDUVレーザーを採用したことにより、色収差の影響から開放

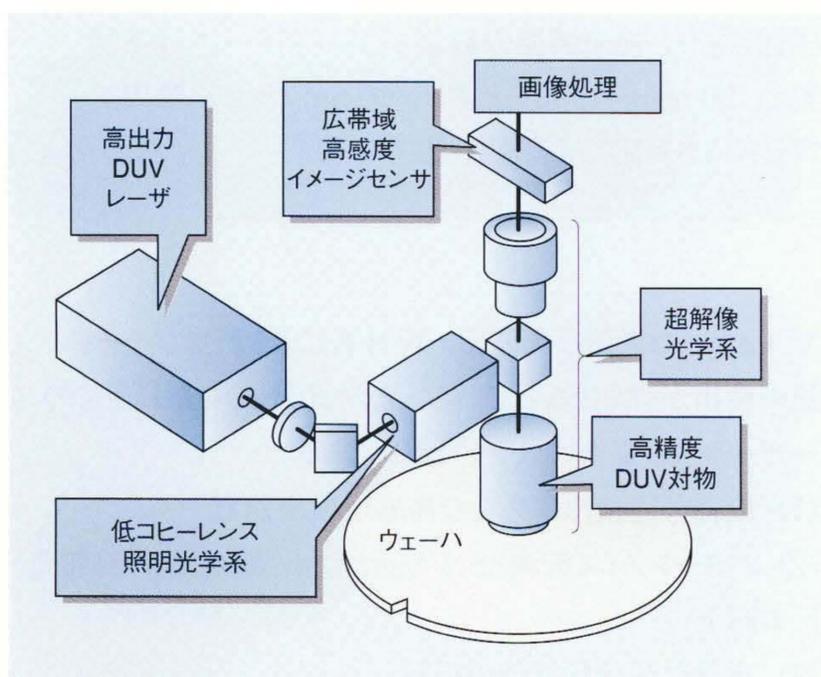
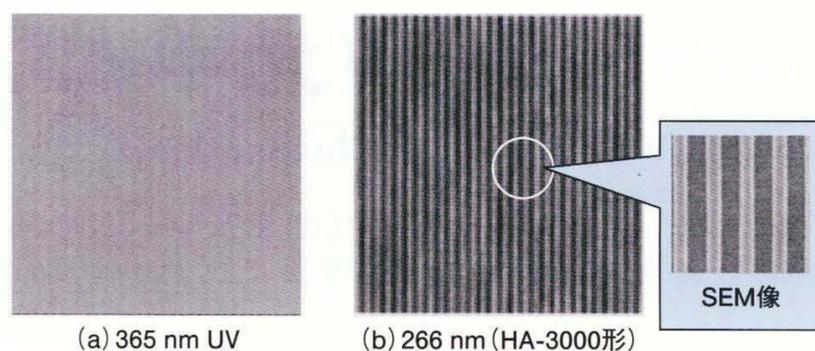


図1 DUV光学系の構成

波長266 nmのDUVレーザー、レーザー特有のスペックルノイズを除去する照明光学系、および定評のある超解像(SR)光学系により、高感度欠陥検出を実現した。



注:略語説明 SEM(Scanning Electron Microscope)

図2 短波長化の効果

HA-3000形では、株式会社日立ハイテクノロジーズ製マイクロスケールサンプル(b)(0.11 μm ライン, 0.13 μm スペース)を鮮明に解像している。

され、極限の低収差と視野の広い高性能DUV対物レンズの開発が可能となった。また、高速画像スキャン時でも光源パワーに余裕があるので、ピクセルサイズや後述の超解像条件など、さまざまな検出条件の適用が可能となり、種々のプロセスへの対応力が確保しやすい。さらに、新たに開発した低コヒーレンス照明光学系により、レーザー光源の採用によって発光するスペックル(はん点)ノイズを除去している(図1, 2参照)。

配線工程で主流となりつつあるCuダマシ工程では、ショート(電流短路)欠陥などへの検査の要求が高まっている。波長266 nmの光はCu材に対して反射率が最小となることから、下地との像コントラストが得られやすく、検査に有利である(図3参照)。

上記のような高感度DUV光学系に加えて、新たに開発した高感度イメージセンサとダイ比較アルゴリズムによって画像間の微小な違いを検出し、波長の数分の1オーダーの小さな欠陥に対応する検出感度を得ている。さらに、実績のある独自の超解像(SR)光学系により、解像限界に近いパターンのコントラストを飛躍的に強調し、感度の向上を図っている(図4参照)。SR条件はプロセスに応じて最適なものが選択でき、これによってプロセス対応力を高めている。

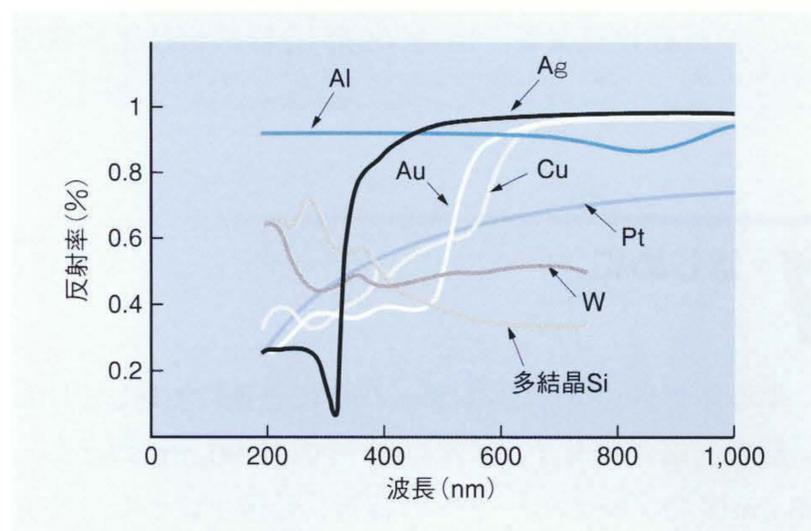


図3 材料の反射率と波長の関係(分光反射率)

266 nm近辺ではCuと多結晶Si、Alと多結晶Siともに反射率の違いが大きく、下地との像コントラストを得やすいので、この波長の光は配線パターンの検査にも適している。

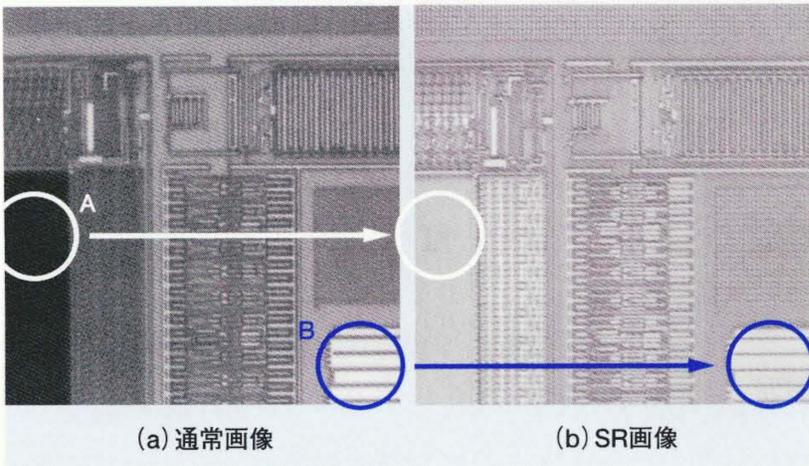


図4 超解像(SR)光学系の効果

SR技術により、解像限界に近い微細パターン部Aのコントラストが上がり、パターンの疎な高反射率部Bの信号が抑制されている。

3.2 ステージ

光学系で得られた解像度を生かすために、レーザ干渉計を搭載したX・Y軸高速高精度リニアモータステージ、高速・高精度リアルタイムオートフォーカス、および広帯域・高感度イメージセンサを開発した。

3.3 画像処理

さまざまなプロセスへの対応力を確保するために、高速プログラマブル画像処理システムも新たに開発した。従来の強みである、(1)ダイ比較と同時に繰返しセル部をセル比較で高感度欠陥検出できる「混合比較」と、(2)プロセスに起因する色むらが大きい場合にも欠陥検出感度を落とさない「ダイ比較アルゴリズム」に加えて、RDC (Real-Time Defect Classification) 機能を搭載している。

4 ソフトウェア

4.1 ユーザーインターフェース

日立グループは、半導体製造装置と検査装置の操作環境や使い勝手の面で、日立グループ製品としての統一したデザインとGUI(Graphical User Interface)環境を実現するために、SEMI(Semiconductor Equipment and Materials Institute)規格に準拠した日立グループの半導体製造・検査装置GUI統一ガイドラインである「日立ガイドライン」の適用を推奨している。これにより、顧客満足度のいっそうの向上が期待できる。HA-3000形のGUIでは、この日立ガイドラインを適用している。

4.1.1 画面レイアウト

画面は、タイトルパネル、メニューツリー、インフォメーションパネル、コマンドパネル、およびナビゲーションパネルで構成している(図5参照)。

タイトルパネルには、ホスト通信状況を示すアイコン、装置名称、ログイン・ログアウトボタン、アラーム音ストップボタン、およびライトタワー表示アイコンを表示する。

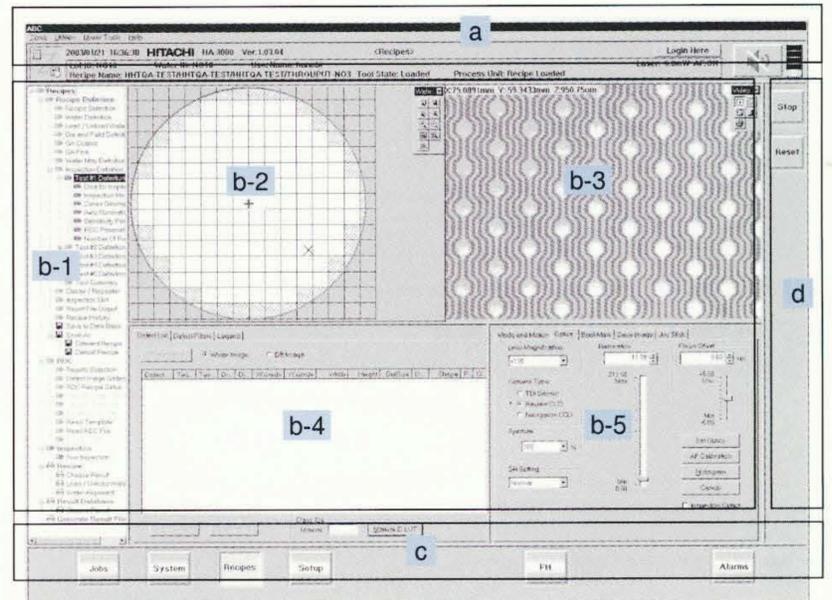


図5 画面レイアウト

画面は、タイトルパネル(a)、インフォメーションパネル(b-1~b-5)、コマンドパネル(c)、およびナビゲーションパネル(d)で構成する。

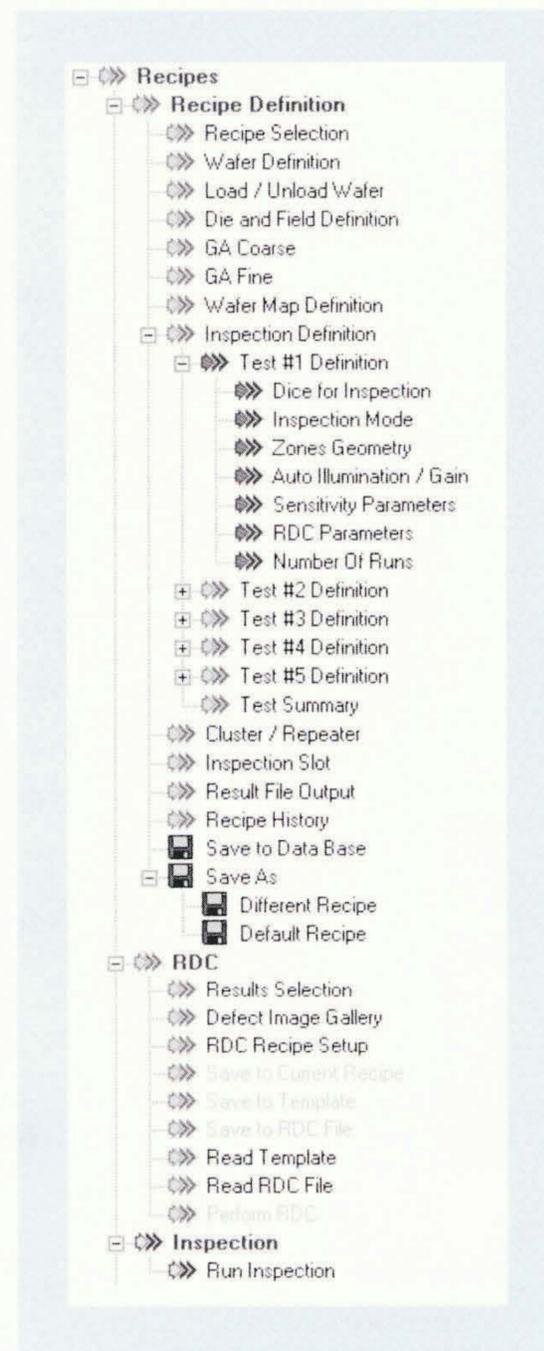


図6 メニューツリー画面

パソコンユーザーが操作しやすいように、作業フローに合わせた階層構成としている。

タイトルパネル下部のインフォメーションパネルには、メニューツリー、ウェーハマップ、ビデオイメージ、レビュー・分類ツール、およびイメージディスプレイコントロールを表示する。HA-3000形では、上から下に向かっての作業フローを意識した、階層構成を成すメニューツリーを採用した。このメニューツリーでは、パソコンユーザーに親しみやすいMicrosoft Internet



注:略語説明 PM(Preventive Maintenance)

図7 PMボタンのハイライト表示

注意を促すブライツイエローでボタンの周囲がハイライト表示される。

Explorer^{*)}と同様の操作ができるように、各操作項目を分けて配置している(図6参照)。

ナビゲーションパネルには、日立ガイドラインに則した“Jobs”, “System”, “Recipes”, “Setup”, “Alarm”ボタンのほかに、保守部品メンテナンス機能を持つ“PM(Preventive Maintenance)”ボタンを配置した。ここで管理している保守部品の交換時期が近づくと、注意を促すブライツイエロー色で“PM”ボタン周囲がハイライト表示される(図7参照)。コマンドパネルには、“Stop”と“Reset”ボタンだけを配置した。

4.2 RDC

欠陥検査装置では欠陥と判断されるべき場合でも、ユーザーの観点からは、半導体デバイスの歩留りに直接影響を与えない欠陥の指摘は不要である。このような欠陥を「ニュイサンス(Nuisance)欠陥」と呼び、パターンのない場所に存在する微小異物や、パターンエッジ、配線表面の微小な凹凸がその代表例である。このようなニュイサンス欠陥と実欠陥の属性を調べてみると、前者は実欠陥と正反対な属性を持つ場合が多い。この属性の違いに着目し、ニュイサンス欠陥と思われる欠陥を実欠陥とは別なグループに分類したり、ニュイサンス欠陥を除去したうえで、最終的な検査結果をリアルタイムで報

※) Microsoft Internet Explorerは、米国Microsoft Corp.の商品名称である。

告したりする機能がRDCである。HA-3000形では、このRDCを標準機能の一つとして搭載しており、擬似欠陥をはじめとする欠陥の自動分類により、オペレーターやレビュー装置への欠陥数増大に伴う負担を軽減している。

RDCの操作シーケンスの概略は以下のとおりである。

(1) 欠陥の分類

分類クラスごとに10~20件程度の代表的なサンプル欠陥を収集し、そのすべてを分類して分類ルールを作成する。

(2) 分類ルール作成用の検査結果の選択

複数の属性情報付き検査結果を選択する。

(3) 欠陥画像ギャラリーによる分類

欠陥画像ギャラリーにより、分類クラスごとに表示される欠陥画像を用いて再分類を行う。

(4) RDCレシピの自動生成

欠陥画像ギャラリー上の分類が統計的に精度よく合致する「分類ルール」を自動生成する。

(5) RDCレシピのチューニング

自動生成された分類ルールのチューニングを行う。

(6) 欠陥の再分類

分類ルールにより、欠陥画像ギャラリー上の全欠陥を再分類し、適切性を確認する。

5 おわりに

ここでは、DUV光学式ウェーハ外観検査装置「HA-3000形」について述べた。

半導体デバイスの分野では、90 nmノード、さらに65 nmノード時代を迎え、先端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な役割を担うようになった。日立グループは、今後も、いっそうの微細パターン、新しい材料、高速化への要求にこたえられる半導体検査装置の開発に努めていく考えである。

執筆者紹介



塩崎 篤

1974年日製産業株式会社入社、株式会社日立ハイテクノロジーズ デバイス評価装置営業本部 所属
現在、半導体製造装置関連の製品開発に従事
E-mail: shiozaki-atsushi@hitachi-hitec.com



小野貴通

1985年日立製作所入社、株式会社日立ハイテクノロジーズ 設計・製造統括本部 那珂事業所 所属
現在、半導体検査装置の設計・開発に従事
E-mail: ono-takayuki@naka.hitachi-hitec.com



渡辺正浩

1988年日立製作所入社、生産技術研究所 検査システム部 所属
現在、半導体の検査・計測技術の研究開発に従事
精密工学会会員、米国SPIE学会会員、IEEEコンピュータ学会会員
E-mail: nabe@perl.hitachi.co.jp



桑原雅之

1997年株式会社東京精密入社、株式会社アクレーテック・マイクロテクノロジー 開発部 所属
現在、半導体検査装置の設計・開発に従事
E-mail: kuwabara@accratech.jp