

# 半導体チップ外観検査装置 Vi-2201

Vi-2201 Visual Inspection System for Semiconductor Chips

伊美 哲志 竹内 浩樹

IMI Satoshi

TAKEUCHI Hiroki

情報機器の小型化に伴い、半導体チップを基板に直接実装するフリップチップ実装などのパッケージが普及してきた。この実装方式では、半導体チップ上のダスト、傷などが致命的な不良を引き起こすため外観検査の必要性が高まっている。

われわれは、半導体チップの自動検査装置を開発し好評を得てきたが、検査速度と使いやすさに対する要求が高くなってきた。そこで今回、従来機に比べて約4倍の処理速度を持つ新機種を開発した。新機種では部位分類検査など多くの機能拡張も行い、短時間でレシピが作成できるなど使いやすさも向上させた。

Accompanying the downsizing of information devices, advanced packaging that mounts semiconductor chips directly on a substrate is becoming popular. In this packaging method, the requirement for visual inspection is increasing because defects such as particles and scratches on chips cause impaired performance or failure.

We have previously released automatic visual inspection systems that have been well accepted by the market. However, issues remained in terms of inspection speed and user interface. We have now developed a new system that inspects four times faster than the conventional system. This system is also equipped with new functions such as automatic region setting, enabling recipes to be quickly and easily created.

## 1 まえがき

情報機器の小型化に伴い、半導体チップを基板に直接実装するタイプのパッケージが普及してきた。これらのパッケージではダスト、傷などが致命的な接続不良や特性不良を起こす原因となるため、電気試験後の外観検査が必須となっている。そこで、検査の省人化、品質確保、合理化、コストダウンを目的とした自動外観検査装置 Vi-2200 を1999年に開発し（株）トプコンで製品化した。

しかし、検査速度と使いやすさに対する要求が高くなってきたため、従来機の処理能力を4倍に向上させるとともに多数の機能を追加した Vi-2201 を開発した。ここでは、Vi-2201 の概要とその改良点について述べる。

## 2 装置の概要

今回開発した半導体チップ外観検査装置 Vi-2201 の外観を図1に示す。また、Vi-2201 の主なスペックを、従来機である Vi-2200 と比較して表1に示す。

検査方式は、あらかじめ良品の画像を学習させておき、検査画像との比較を行う方法である。画像の比較アルゴリズムとして、ノイズを効率良く除去して虚報を低減する最適化 Min-Max 法と呼ぶアルゴリズム<sup>(1)</sup>を用いていることが大きな特長で、従来機で定評を得た高い検査精度を引き継いでいる。



図1 半導体チップ外観検査装置 Vi-2201 - 半導体チップ上のダスト、傷などを高精度に検出可能である。  
Vi-2201 visual inspection system

Vi-2200 と Vi-2201 の大きな違いは、約4倍の検査速度を持つことと多くの機能を追加したことである。これについて以下に述べる。

表1 . Vi-2200 と Vi-2201 の主なスペック  
General specifications of Vi-2200 and Vi-2201

対物レンズ：5× リレーレンズ：0.558×のとき

項目		Vi-2200(従来機)	Vi-2201	
基本性能	検査用 CCD カメラ使用画素数 (画素)	1,024 × 1,024	1,280 × 1,024	
	視野サイズ (mm)	2.45 × 2.45	3.06 × 2.45	
	欠陥検出感度 (μm/画素)	2.4	2.4	
	検査時間(1視野) (s)	0.30	0.09	
	画像処理装置	検査アルゴリズム	最適化 Min-Max 法	最適化 Min-Max 法
		検査エンジン	RISC チップとハードウェア処理	MMX 命令によるソフトウェア処理
		検査照明	ハロゲン光源	ストロボ光源 / ハロゲン光源
	検査時のステージ移動方式	ステップ移動	ステップ移動 / ノンストップ移動	
	観察用 CCD カラーカメラ	40 万画素(標準装備)	130 万画素 + 15 型モニタ(オプション)	
	オートフォーカス	変位読み取り方式(オプション)	追従方式(オプション)	
検査対象物	ウェーハ (インチ)	4 ~ 8	4 ~ 8	
	フラットリング付きウェーハ (インチ)	4 ~ 6(ダイシング対応)	4 ~ 8(ダイシング対応)	
	エキスパンドウェーハ	未対応	対応	
	トレー詰めチップ	未対応	対応(マニュアル供給)	
エリア	検査エリア	最大 16 視野	64 視野単位(+マルチレシビ機能)	
	諧調変換機能 (エリア)	8	20 × 144	
	サイズ判定エリア (エリア)	10	10 × 20 × 144	
機能アップ	レシビの修正機能	小さい変更でも再学習が必要	自由度向上により学習やり直し頻度の低減	
	欠陥レビュー機能	チップ単位でのみレビュー可能	欠陥単位でレビュー可能	
	安全対策		インターロックなど安全対策強化	
その他・追加機能			欠陥画像の自動収集機能	
			オフラインレシビ作成機能	
			オフラインレビュー機能	
			レビューレポート作成機能	
			部位分類検査機能(不定形領域指定)	
			回転補正検査機能(回転変換)	
			隣接欠陥の結合機能(膨張処理)	
		自己バックアップ機能(検査レシビを MO へ)		
		差分欠陥出力機能		

CCD : 電荷結合素子 RISC : 縮小命令セットコンピュータ MO : Magneto-Optical disk

### 3 高速化

Vi-2201 では、高速化のためにシステム構成を全面的に見直した。

まず、照明にストロボ光源を用いることで、ステージを停止させることなく画像を撮り込んで検査できるようにした。

また、従来機では専用の画像処理装置を使っていたが、パソコン(PC)ベースの画像処理に変更した。これにより各種エリア数などに柔軟性ができ、機能拡張も容易になった。PC は複数台持ち、高速 LAN 回線で処理データを通信しながら分散処理を行う。

PC ベースの画像処理を行う場合の問題は、演算量の多い最適化 Min-Max 演算を高速化することであったが、処理ルーチンのむだを省き、MMX(Multi Media eXtension)命令を使うことでハードウェア演算よりも数倍速く処理できるよう

(注1) WindowsNT は、米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標。

になった。最適化 Min-Max 演算の一部である次の演算を例として挙げる。

$$Q = \sum_{m=1}^5 \left| R(x, y + m - 1) - \frac{1}{2}(R(x, y + m) + R(x, y + m - 1)) \right|$$

- Q : 演算結果
- P : 検査データ
- R : 参照データ

上式は、参照画像データ R のサブ画素の値を計算して検査画像データ P との差の絶対値の総和 Q を求めるもので、最適化 Min-Max 演算の大部分が類似の計算である。

通常の命令だけを使うと、上式の計算結果を得るのにループを展開して 96 個の命令を実行する必要がある。しかし、MMX 命令には、複数データの演算を同時に行う命令や絶対値の総和を求める命令などが用意されているので、わずか 3 命令で同じ結果が得られるようにできる。

以上のような施策により、視野当たりの検査時間が、従来機では0.30秒であったものを0.09秒に短縮でき、撮像素子の画素数増加分と合わせて4倍の高速化を実現した。

#### 4 追加機能

Vi-2201では、機能面でもユーザーの要望を取り入れて大幅に充実させた。

回転補正検査機能により、フィルム上にエキスパンドされた状態やトレイ詰めされた状態でのチップを検査できるようにした(トレイの自動搬送に対応したタイプは開発中)。

また、欠陥判定した画像の自動保存、オフラインでのレシピ作成、レビュー機能なども実現し、装置稼働率を下げることなく品種設定や不良解析ができるようになった。

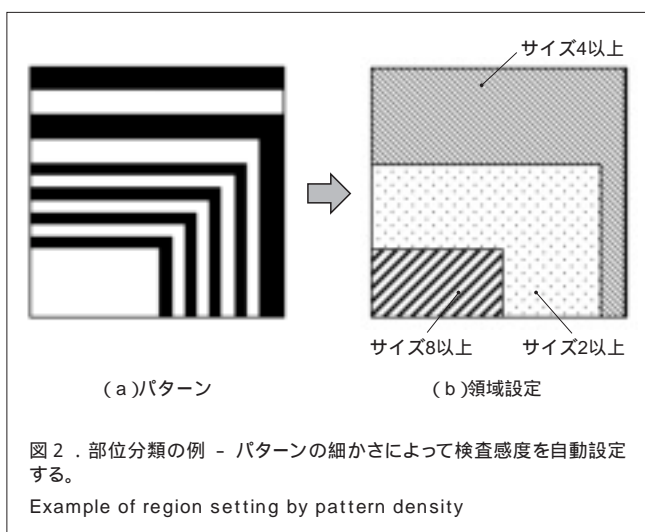
部位分類検査機能は、パターンから検査感度を自動設定する機能である。これについて、次章で述べる。

#### 5 部位分類機能

検査レシピを作成する際、パターンの細かさによって検出感度を変えて設定することがしばしばある。例えば、線幅の1/2以下の欠陥は問題が発生する可能性が低いと予想し、それを検出ないようにレシピを作成したい場合などが挙げられる。

部位分類の例を図2に示す。図2の(a)をパターンとしたときに、図2(b)のように同じパターンの細かさの部分と同じ領域に設定する。このような設定をするとき、従来は領域一つ一つを枠で指定する必要があり、複雑なパターンでは多大な時間が掛かっていた。そこで、自動的に領域を設定する機能を追加した。

このような、画像の内容に応じて領域を区分するアルゴリ

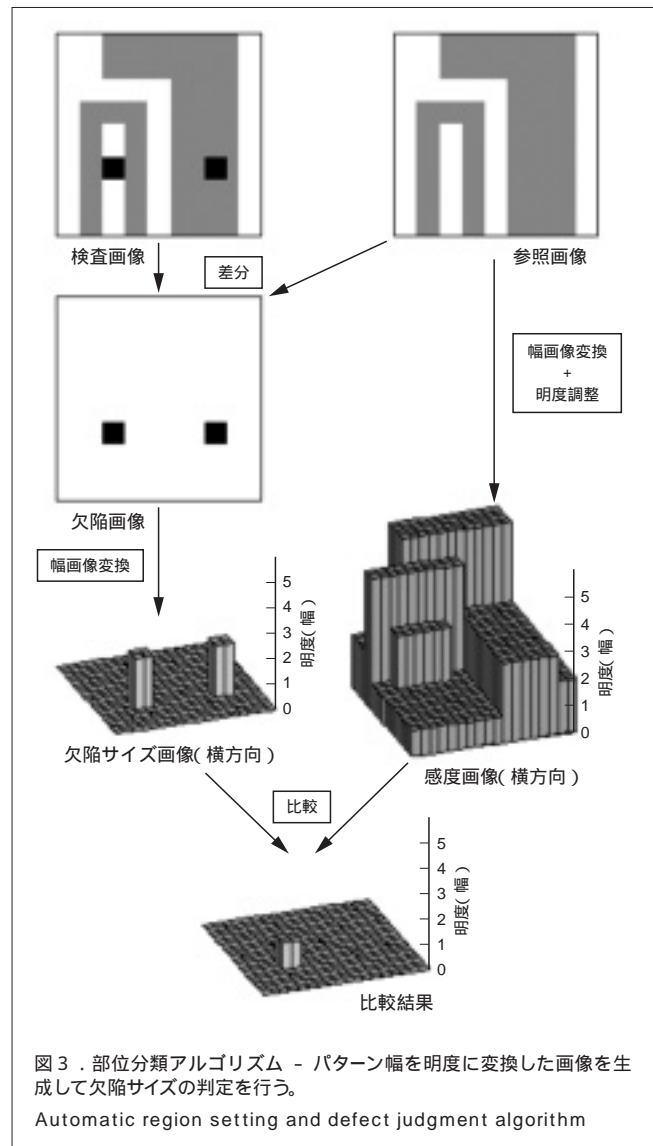


ズムは、人工衛星画像のリモートセンシング分野などでよく使われている。一般的には画像を小領域に分割し、領域ごとの空間周波数や明度の統計情報を使って領域の統合を行うアルゴリズムが多い。しかし、領域の境目がはっきりできない問題があるため、1画素を問題にする検査装置には不向きであった。

そこで今回、対象画像を下地と配線パターンからなる比較的単純な画像に限定することで、良好に分類して検査できるアルゴリズムを考案した。

アルゴリズムの概略を図3に示す。このアルゴリズムでは、画像を縦及び横方向にスキャンしてパターン幅を明度に変換した画像(以下、幅画像と呼ぶ)を生成し、幅画像を元に欠陥かどうかの判定を行う。

まず、レシピ作成時に参照画像を幅画像に変換し、更に画素ごとのサイズ許容値を表す感度画像(以下、感度画像と呼ぶ)を作成する。例えば、線幅の1/2の感度に設定したいときに

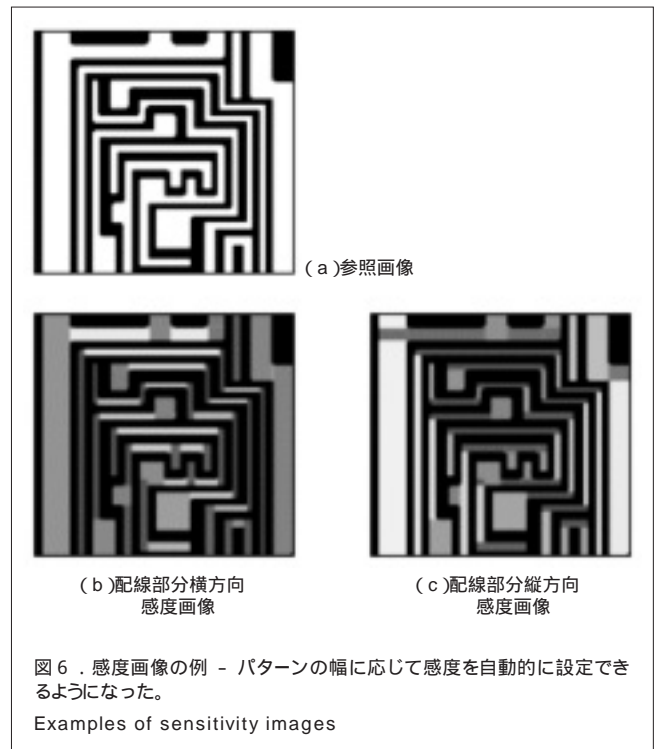
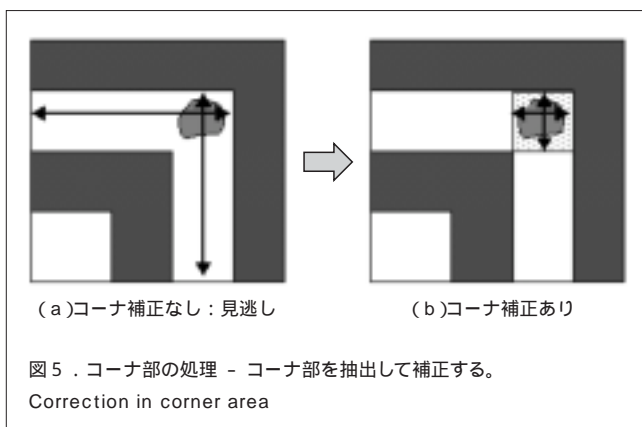
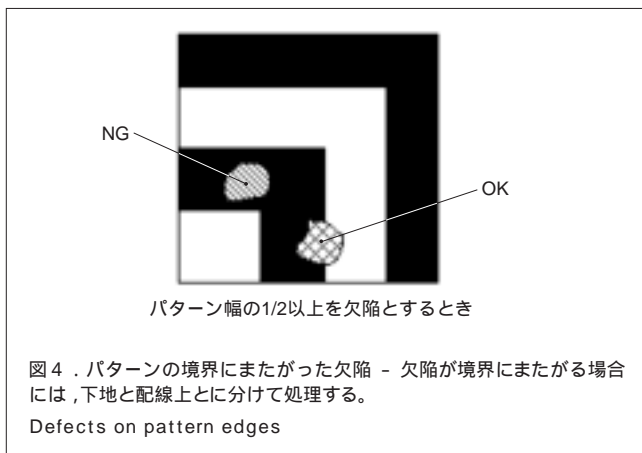


は幅画像の明度を半分にする。また、ある幅以上は感度を一定にする処理や、ある範囲の感度をまとめて同じ感度にする処理などを行う。

検査中は、抽出した欠陥候補の画像から幅画像を生成して、欠陥の幅画像の明度が感度画像の明度を越えたときのみ欠陥と判定する。

また、実際のアルゴリズムでは次の2点についての処理を追加した。

- (1) 境界にまたがった欠陥の処理 図4に示したように、欠陥がパターン境界にまたがると、欠陥全体のサイズではなく下地部分と配線部分に分けて処理しないと正しい判定ができない。そこで、下地部分と配線部分に分けて感度画像を作成し、更に縦/横方向も別なため、合計4枚の感度画像を生成する。欠陥画像の幅画像も同様に4枚生成して、それぞれを比較する。
- (2) コーナ部分の処理 コーナの部分では縦も横も幅画像の値が大きくなるため、コーナ部分だけに欠陥が存在した場合に見逃す可能性がある(図5)。そこで、コーナ部分を認識して補正する。具体的には、縦及び横の幅画像の値が大きくなる部分をコーナ部として抽出し、抽出したコーナの幅を求めて元の幅画像に埋め込む。サンプルの画像を使った幅画像の例を図6に示す。横方



向の感度画像(図6(b))では横線が明るくなり、大きな横幅の欠陥を許容する画像ができていことがわかる。ただし、コーナ部では縦線の幅と同じ明るさであり、コーナ部でも正しい判定が行えることがわかる。

## 6 あとがき

半導体チップ外観検査装置 Vi-2201 の改良点について述べた。従来機種に比べて4倍の高速化と、使いやすさを中心とした機能向上を実現し、検査工程の合理化がいろいろ容易にできる装置を提供できた。

今後も、ユーザーのニーズに応じた機能拡充を行い、目視検査に代わる検査システムを提供していく所存である。

## 文献

- (1) 伊美 哲志 . 半導体チップ外観検査装置 . 東芝レビュー . 55 , 11 , 2000 , p.55 - 58 .



伊美 哲志 IMI Satoshi

生産技術センター 光応用システム技術センター 研究主務。  
画像処理システム、データ処理システムの研究開発に従事。  
計測自動制御学会会員。  
Quality Control System Technology Center



竹内 浩樹 TAKEUCHI Hiroki

(株)トプコン 産業機器事業部 半導体精機技術部。  
半導体ウェーハ外観検査装置のシステムソフトウェア及び画像処理の開発に従事。  
Topcon Corp.