

# レティクル異物検査装置

## Reticle Particle Detection System

16 MビットDRAM(Dynamic RAM)相当のLSI露光工程での歩留りを向上させるため、レティクルの異物管理が重要な課題となり、レティクルのパターン面上で0.5 μmの異物検出が要求されている。このため、今回開発したPD-3000形レティクル異物検査装置では、レーザ光のビームスポット径を約20%縮小させ、出力は約2倍に増すとともに光学系の改善も行った。

この結果、パターン面の検出感度は0.5 μm、パターンの誤検出は従来比 $\frac{1}{2}$ 以下の性能を得ることができた。また、最大倍率440倍の異物観察機能、検査条件と検査結果の保存・呼出機能や初期感度を保てる感度校正機能など、各種機能の充実および向上をも実現することができた。

西野 忠\* *Tadashi Nishino*  
 五十嵐正文\* *Masafumi Igarashi*  
 西條 豊\*\* *Yutaka Saijō*

### 1 はじめに

半導体の高集積化技術は着実な進歩を続け、LSIに用いられるパターンの線幅寸法は0.8 μmルールから0.5 μmルールへと移り、ハーフミクロンの領域に入ってきた。リソグラフィ工程では、 $\frac{1}{5}$ 縮小投影露光装置が多く用いられており、レティクル上の5倍に拡大した回路パターンに対しては、従来以上に厳重な異物管理が要求されている。異物が付着したままのレティクルを用いて露光を行うと、ウェーハ上の全チップが不良となり、歩留りの低下を生ずる<sup>1),2)</sup>。パターン面の欠陥あるいは付着異物の許容される寸法は、通常はパターン設計ルールの寸法の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$ と小さい。このため、0.5 μmルールの工程用レティクルでは、パターン面で0.5 μm程度の微小な異物検出が必要である。

異物検査装置では、検出感度を向上させることと同時に、密集したパターンからの反射光を誤検出しにくいように改善を図ることが重要になる。また、製造現場でオペレーターに簡単に取り扱いができるよう要求され、これらを目標に装置の開発を行った。

本稿では、PD-3000形レティクル異物検査装置(以下、PD-3000形と略す。)の性能、仕様および応用分野について述べる。

### 2 異物検査装置の必要性

#### 2.1 検査装置への要求

LSI製造工程では、素子の集積度が上がるのに伴い、**図1**に示すように、より微小な異物検出が不可欠となる。例えば、

4 MビットDRAM用レティクルでは0.8~1.3 μmの異物の検出が必要であったのに対し、16 MビットDRAM用レティクルでは0.5~0.8 μmの異物検出が要求されている。また、洗浄後のレティクルへ異物が付着するのを防止するため、最近ではペリクル付きレティクルが普及している。このため、ペリクル装着前のパターン面およびガラス面の検査のほかに、装着後にもペリクル膜を通したパターン面およびガラス面の検査、さらにはペリクル膜の外面検査が必要になっている。集積度の向上とともに、パターンのコーナーおよびエッジ数が増え

年	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93
LSI 量産時期	256 kビットDRAM										
	1 Mビット										
	4 Mビット										
	16 Mビット										
要求											
パターンルール	2.0 μm		1.3 μm		0.8 μm		0.5 μm				
レティクル上での 検出異物寸法	2.0~3.0 μm		1.3~2.0 μm		0.8~1.3 μm		0.5~0.8 μm				

注：略語説明 DRAM (Dynamic RAM)

図1 LSI量産時期と検出異物寸法の推移 検出異物寸法は、レティクル上の値で示し、縮小投影露光の際の転写限界寸法でもある。

\* 日立製作所 計測器事業部 \*\* 株式会社堀場製作所 営業本部

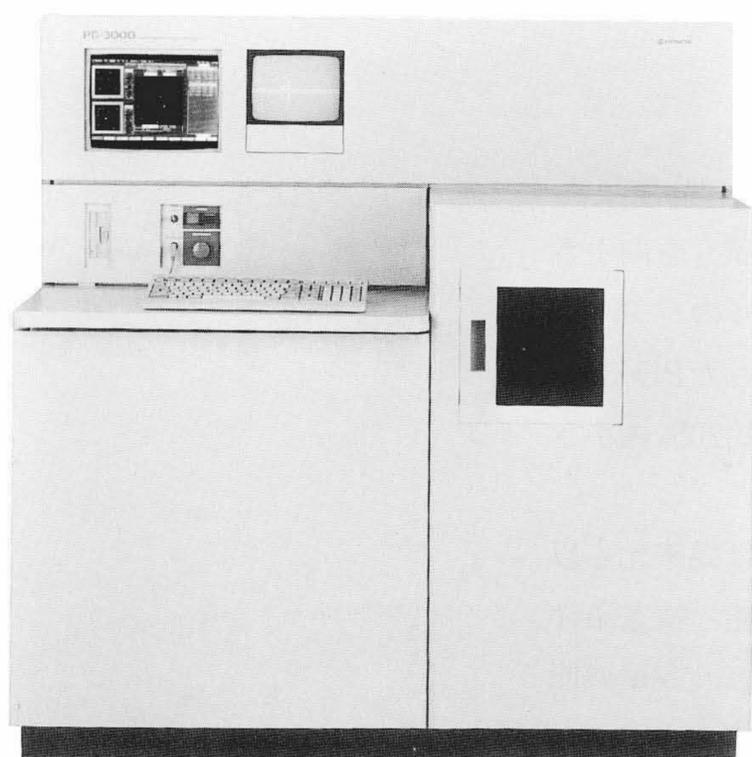


図2 レティクル異物検査装置 レティクルは、縮小投影露光装置の専用ケースへ収納したまま装置へセットすることができ、異物の付着を防止できる。

表1 レティクル異物検査装置の仕様 必要なユーティリティは、AC100V 2kVAおよび真空源80kPaである。

項目	仕様
検査対象	ペリクル付きレティクル, マスク ペリクル不付きレティクル, マスク
試料寸法	127 mm × 127 mm または 152.4 mm × 152.4 mm 厚み: 2.3 ~ 6.3 mm
検出感度	0.5 μm (パターン面) 5 μm (ガラス面) 10 μm (ペリクル面)
パターン弁別	45度パターン 2.5 μm ライン アンド スペース
検査時間	8 min (ただし, 2面検査のとき)
異物観察	モニタテレビジョン 倍率: 約110倍, 220倍, 440倍
寸法, 質量	幅1,450 × 奥行き1,350 × 高さ1,540 (mm) 約900 kg

るため、これらによって発生する反射光と異物からの散乱光とを弁別し誤検出を低減することも必要になる。また、検出した異物を高倍率に拡大して観察を行えること、装置の操作をしやすいことなども同様に要求されている。

## 2.2 レティクル異物検査装置開発のねらい

4 ~ 16 MビットDRAM相当のレティクル異物検査に適用できる装置として、以下の項目を目標に開発を行った。

- (1) パターン面の検出感度を0.5 μmへ向上させる。
- (2) パターンの誤検出を低減させる。
- (3) 検出した異物を、モニタテレビジョンで高倍率にして観察が行える。
- (4) 短時間で検査が行える。

- (5) 操作をしやすいようにオペレータへの負担を軽くする。
- (6) 装置を一体形として設置面積を減らす。

## 3 PD-3000形レティクル異物検査装置

本装置は、ペリクル装着前または装着後のいずれの形態でも、パターン面上に付着する0.5 μmの異物を検出することができる。また、ガラス面上の5 μmの異物およびペリクル面上の10 μmの異物についても検出することができる。検出異物は、付属のモニタテレビジョンで観察することができ、最大倍率約440倍で暗視野または明視野照明によって異物の実体が容易に確認できる。通常、縮小投影露光装置では、レティクルを専用ケースへ収納して用いるため、PD-3000形で検査する際は、この専用ケースのまま直接セットすることができるようにした。装置内のロータ機構により、自動的にレティクルの取り出しや収納が行えるため、レティクルに直接手を触れずに扱うことができる。

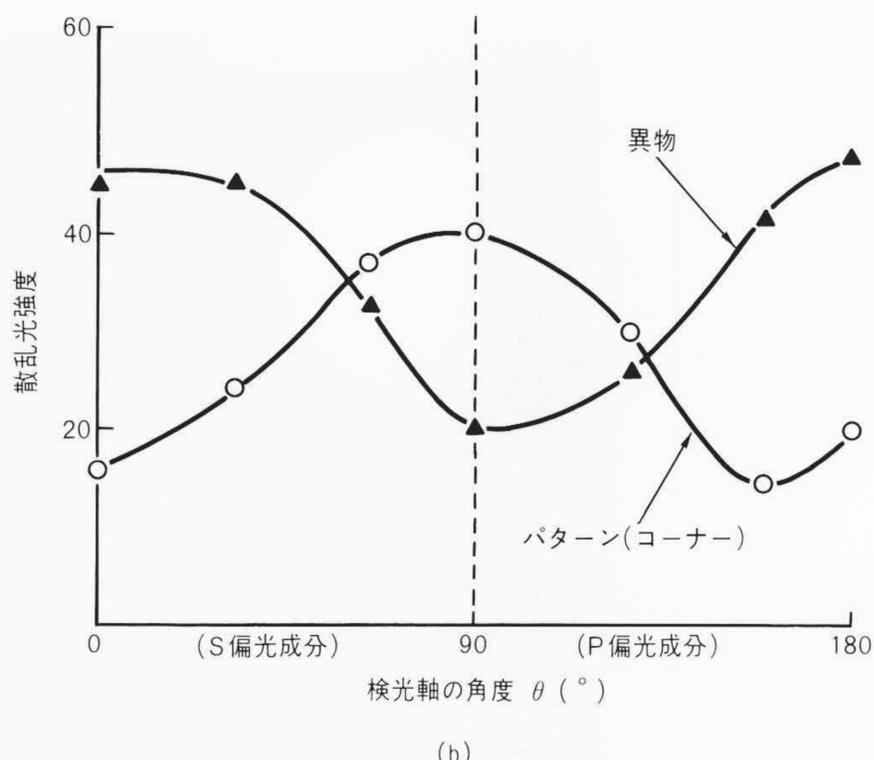
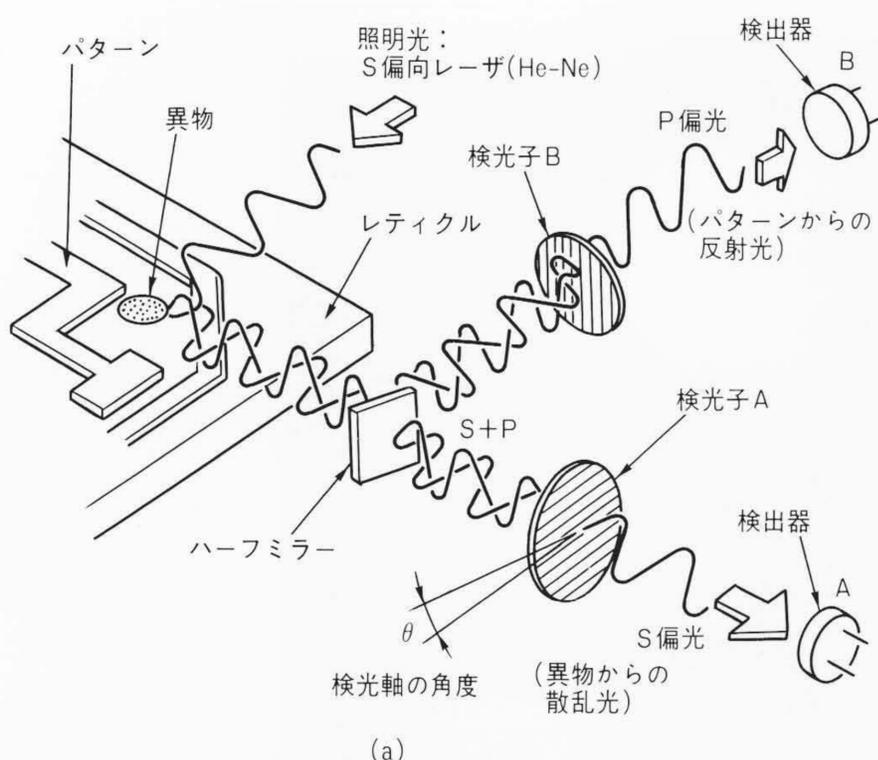
PD-3000形の外観を図2に、またその仕様を表1に示す。

### 3.1 検出性能

検出方法は、S偏光<sup>※</sup>成分の特性を持たせたHe-Neレーザー光(波長632.8 nm)のビームスポットにより、検査面のY軸方向を走査しながら、XYステージをX軸方向へ微小送り機構で移動し、異物から散乱する光を検出する。異物からの散乱光にはS偏光とP偏光成分が含まれ、パターンからの反射光にはP偏光成分が多く含まれている。このため、S偏光成分だけを取り出した検出器の出力を異物信号として扱う<sup>3)</sup>。0.8 μmの検出感度を持ったPD-2000形に比較すると、ビームスポット径を約20%縮小し、レーザー光出力を約2倍に増したことにより、検出感度を0.5 μmまで向上することができた。一方、パターンからの反射光を約半分以下に抑えた結果、0.5 μm粒子の検出率は90%以上を得ることができた。

パターンのコーナーおよびエッジ部が特に密集して、これらからの反射光が多い試料の場合、下面(パターン面)の検査に差動検出方法を使用し、パターンと異物の弁別が明確に行えるようにした。差動検出の原理を図3に示す。異物またはパターンからの散乱光や反射光をハーフミラーによって二方向に分け、検出器AはS偏光成分検出に最適なように検光軸の角度を0度に、検出器BはP偏光成分検出に最適なように90度に合わせてそれぞれの検出器出力を得る。その検出器Aと検出器Bの出力の差を監視する。差がA > Bのときは検出した対象物が異物からの散乱成分と判断し、検出器Aからの出力を得る。また、差がA < Bのときは検出した対象物がパターンからの反射成分と判断し、検出器Aからの出力は得ない。

※) 振動面(電界ベクトル)が、試料面に対して平行な場合をS偏光、垂直な場合をP偏光と呼ぶ。



注：S偏光，P偏光（本文脚注参照）

図3 差動検出の原理(a)と、散乱光強度および検光軸角度の関係(b) 検光子Aは0度，検光子Bは90度に合わせて，検出器Aは異物からの散乱光(S偏光成分)を，検出器Bはパターンからの反射光(P偏光成分)を検出する。

### 3.2 各種機能

PD-3000形では、装置の主な機能についても改善を盛り込んでいる。主な特徴は以下のとおりである。

#### (1) 異物観察機能

モニタテレビジョンによる異物観察は、従来、倍率が約180倍、暗視野照明だけであったが、高倍率で照明を任意に切り替えたいという要望が多い。このため、約110倍、220倍、440倍の3段階の倍率選択、および暗視野または明視野の観察照明の選択がいずれも観察対象に合わせて任意に行えるようにし、異物の形状確認をやすくした。

#### (2) 検査条件の保存機能

検査条件(ファイル)の設定は、従来オペレーターが検査のつどキー入力で行っていたが、キーの誤入力、誤操作の防止改善要望により、最大300ファイルを保存できるようにした。これにより、あらかじめ試料ごとに条件を定めておきファイルとして保存できるため、オペレーターはファイルの選択および条件内容の確認だけで済み、誤入力、誤操作が防げるほか作業の負担を低減することができる。

#### (3) 検査結果の保存機能

検査結果(データ)は、従来、プリントアウトされた紙での保存が主であったが、最大500データまで装置内に保存できるようにした。また必要に応じて、3.5インチフロッピーディスクでの保存が行えることから、ペーパーレス保管や省資源となる。

#### (4) 感度校正機能

レーザー光の出力が経時変化により、検出感度が低下しないように感度校正機能を設けている。これは検出部の出力を初

期状態に維持するよう自動的に補正する。今回、開発した装置では補正後の値を過去10回分を来歴としてCRT画面へ一括表示させることができ、レーザー管の劣化管理がしやすく、予防保全に有効である。

#### (5) 画面表示

従来表示できなかったレーザービーム走査中の異物表示は、今回の装置ではリアルタイムにドットで表示が行え、異物付着状況が早期に把握できる。この表示例を図4に示す。また、検査結果表示は、従来メインマップ(全体のマップ)とサブマップ(メインマップの30倍拡大)を別々の画面に表示していたが、図5に示すように一括同一画面に表示が行えるようにして、異物付着の判断をしやすいようにした。

## 4 レティクル異物検査装置の応用

### 4.1 応用分野

レティクル異物検査装置が使われているところは、縮小投影露光装置および1対1露光装置が用いられている露光工程をはじめとして、レティクルまたはマスクの製作工程さらにはレティクル保管庫などがあげられる。レティクル製作工程および露光工程でのPD-3000形の位置づけを図6に、またペリクル装着工程でのPD-3000形の応用例を図7に示す。それぞれの工程での具体的な用途は以下のとおりである。

#### (1) 露光工程

- (a) 縮小投影露光装置および1対1露光装置へセットする前のレティクル，マスクの異物検査
- (b) レティクル，マスク製作工程からの受け入れ検査
- (c) 露光装置内の清浄度管理

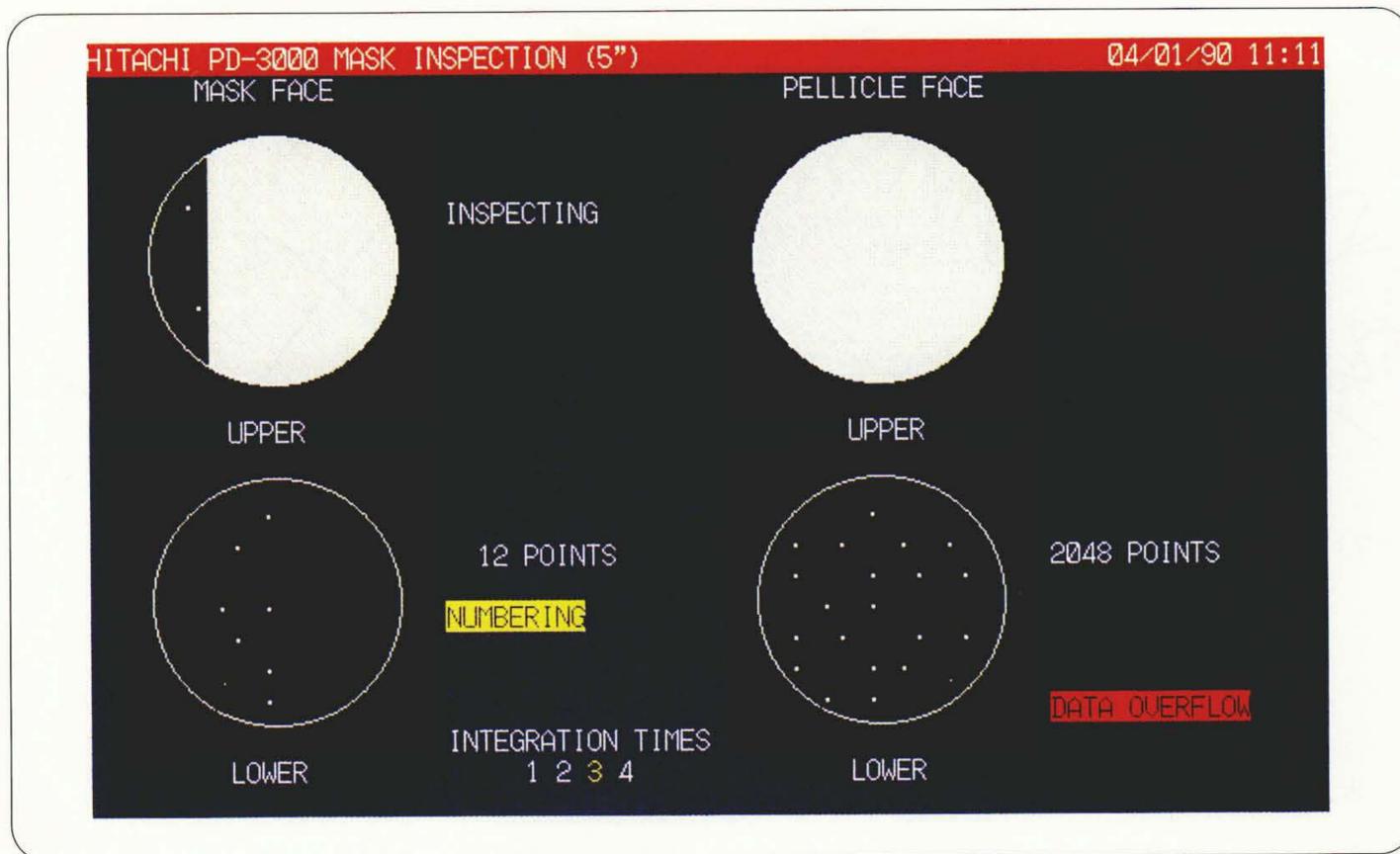


図4 レーザビーム走査中の異物表示例 リアルタイムに表示ができるため、異物付着状況を検査中に早期に判断することができる。

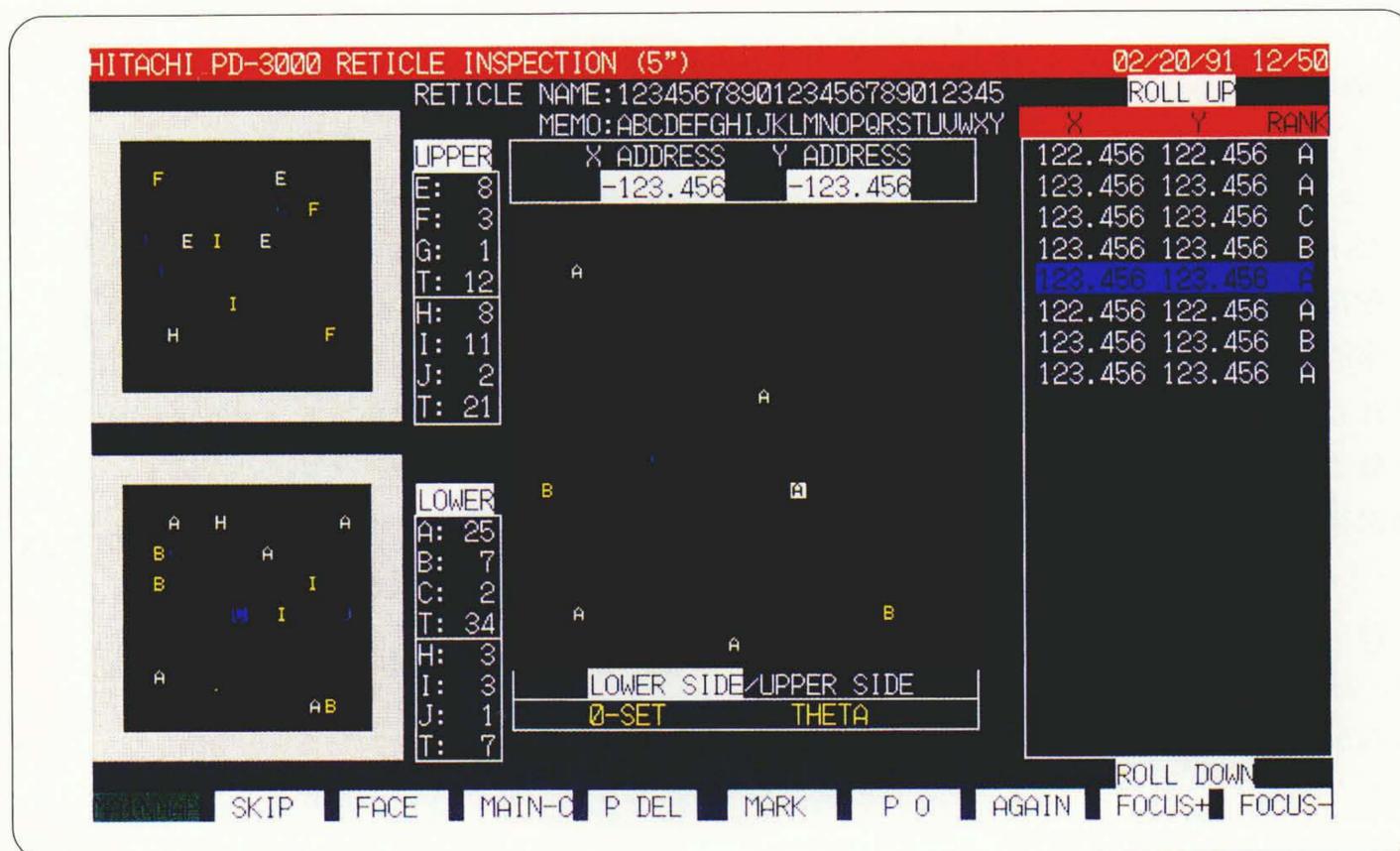


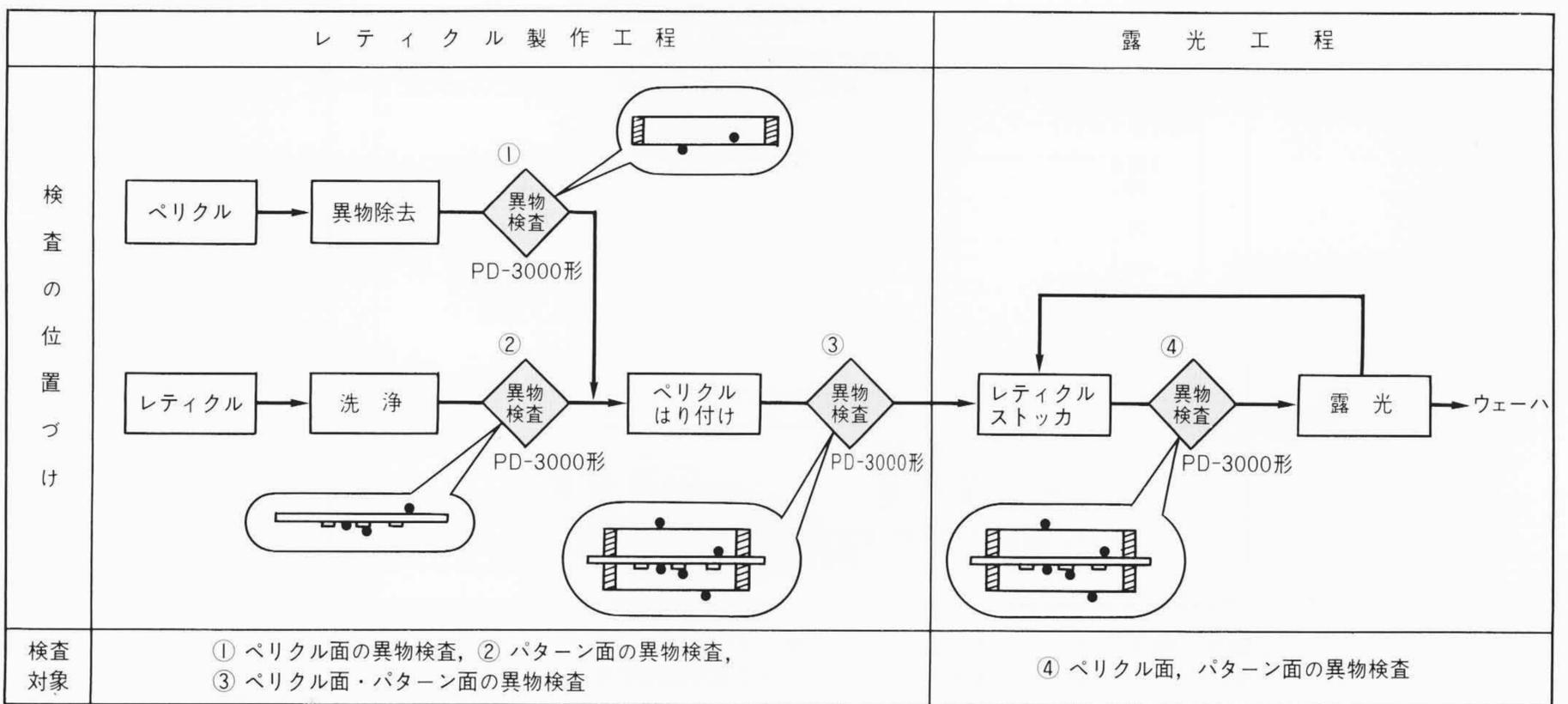
図5 検査結果の表示例 中心のサブマップは、左の□ランク表示部分を30倍に拡大している。X、Y座標位置も同時に表示している。

- (2) レティクル、マスクの製作工程
  - (a) レティクル、マスクの洗浄管理
  - (b) ペリクル装着作業前後のレティクル、マスク検査
  - (c) レティクル、マスクの払い出し検査
- (3) レティクル、マスクの保管庫
  - (a) レティクル、マスクの受け入れまたは入庫検査

- (b) レティクルの払い出し検査

#### 4.2 異物データ管理への応用例

PD-3000形のデータ送信機能を活用して、外部機器によって異物のデータ管理を行う事例を図8に示す。パーソナルコンピュータ、キーボード、マウス、CRTおよびプリンタから構成されるPD用データ管理システム<sup>4)</sup>をPD-3000形のデータ送信



注：PD-3000形 (PD-3000形レティクル異物検査装置)

図6 レティクル製作工程および露光工程におけるPD-3000形の位置づけ ペリクル装着前のレティクル, ペリクル装着後のレティクルおよびペリクル単体の検査に用いることができる。

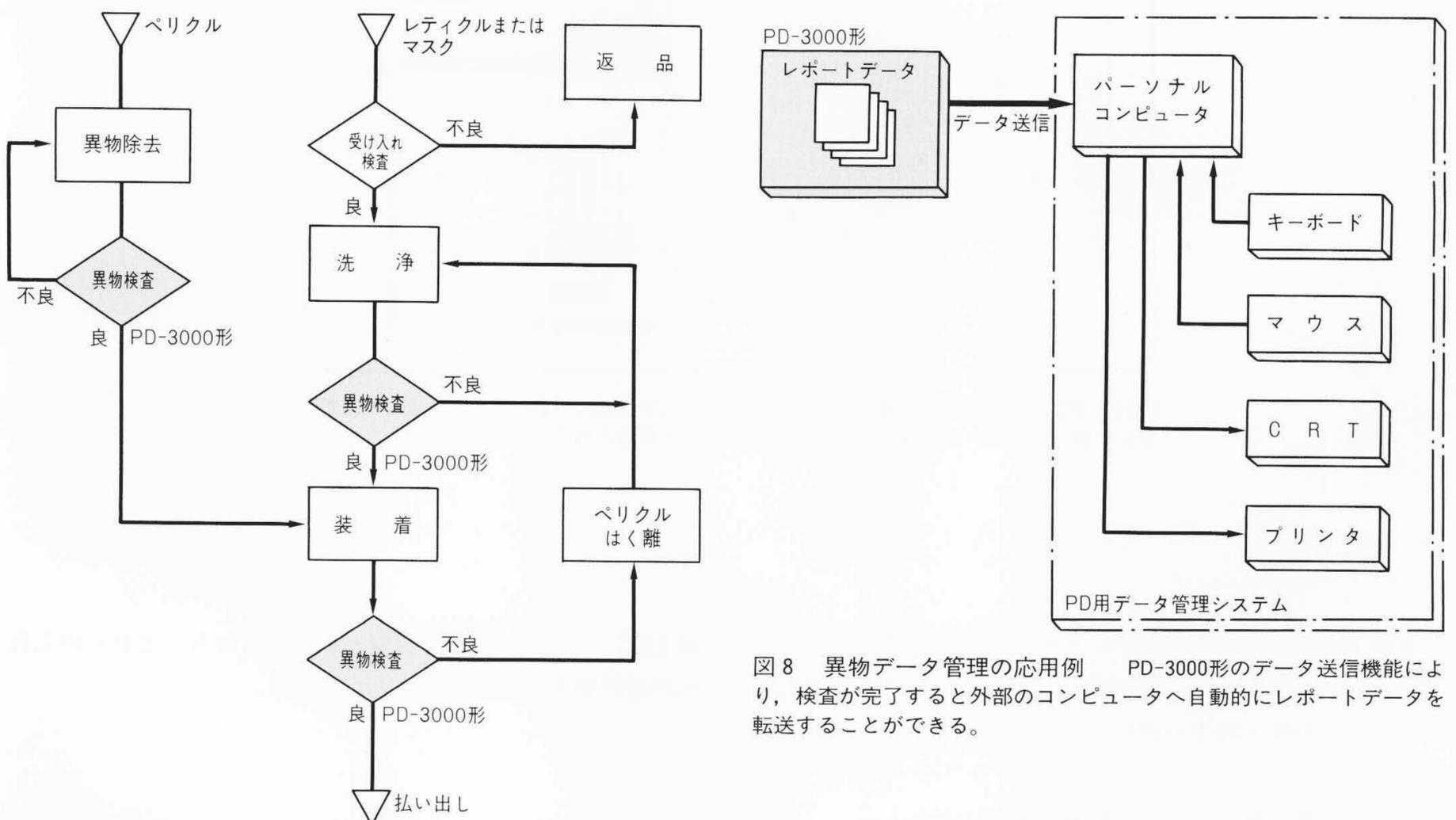


図7 ペリクル装着工程におけるPD-3000形の応用例 ペリクル装着工程での受け入れ, 払い出しの検査に応用した一例を示す。

用インタフェース (RS-232C) へ接続する。PD-3000形は、検査が完了すると検査の条件および結果をレポートデータにまとめ一括して自動的に送信を行う。データ管理システムでは、

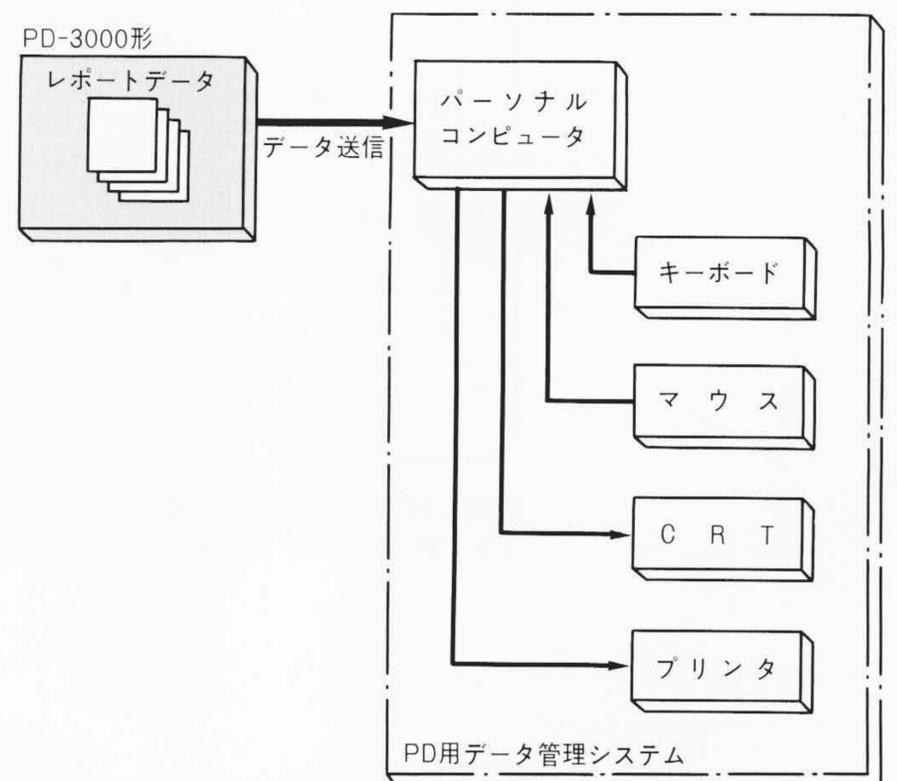


図8 異物データ管理の応用例 PD-3000形のデータ送信機能により、検査が完了すると外部のコンピュータへ自動的にレポートデータを転送することができる。

受信したレポートデータを最大2万7,000回分保存することができ、オペレーターはこれらをもとに、日報、時系列グラフの作成、良否判別など結果の管理が任意に行える。また、そのほか管理用に特定のレティクルを定めて定期的に検査を行い、データを保存しておくことにより検査結果の経時変動を基準値と比較することができ、PD-3000形の検出性能の安定度管理に役立つ。

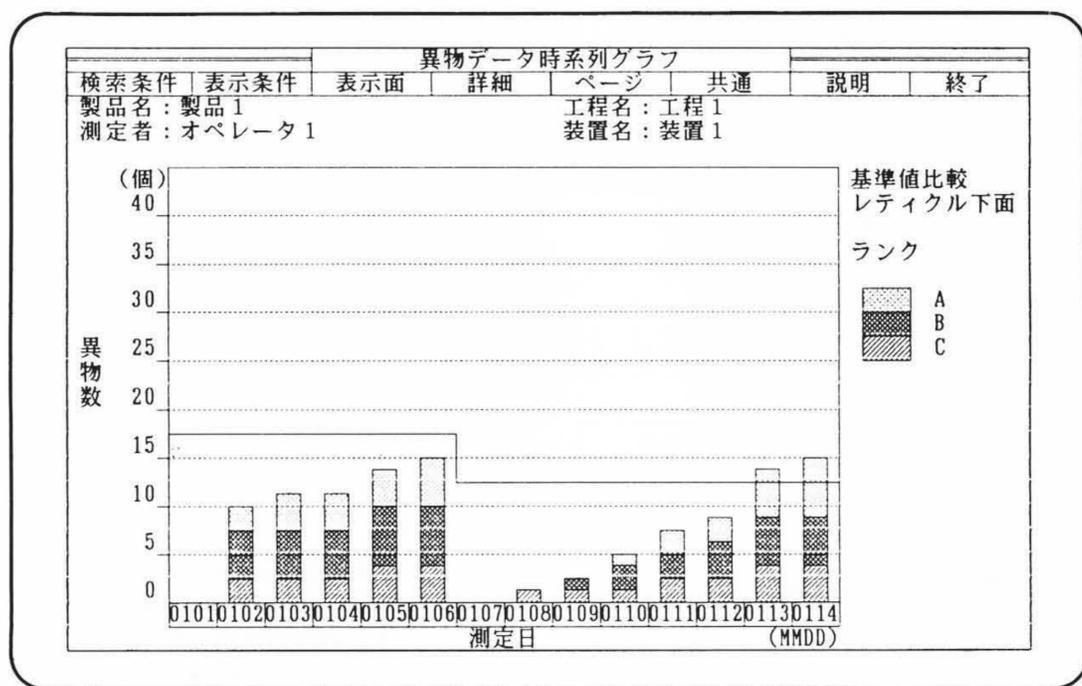


図9 時系列グラフの表示例(データ管理システムのCRT表示) 同一試料の検査結果から、全異物数および増加異物数を棒グラフにして表示することができる。

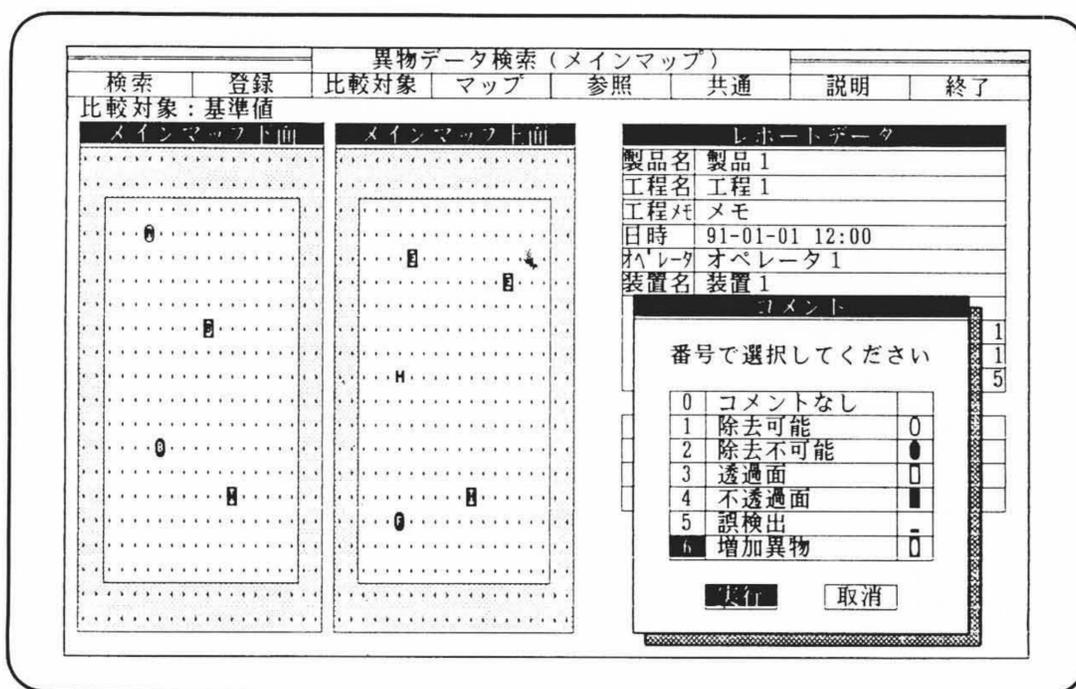


図10 特定記号を重ねた表示例(データ管理システムのCRT表示) 検査した結果のランク表示へ、コメント欄の記号を選択し、重ねて表示させることができる。

また、受信したレポートデータからデータ管理システムのCRTへPD-3000形と同様の異物マップを表示させて、検出異物のランク記号へ特定の記号を重ねて表示させて、結果判定をしやすいことができる。時系列グラフの一例を図9に、特定記号に置き換えて表示した例を図10に示す。

### 5 おわりに

以上述べたように、今回開発したPD-3000形は、パターン面上に付着する0.5 μmの塊状異物を短時間で検出できるため、LSI製造工程およびレティクルまたはマスク製作工程での異物検査に幅広く適用することができる。特に、パターンの微細化とともに異物付着に起因する歩留りの低減および生産性の

向上は、いっそう重要な課題となることから、これらの工程への適用効果を期待することができる。

### 参考文献

- 1) 小泉, 外: LSIプロセスにおける微小異物検査技術, 日立評論, 68, 9, 731~736(昭61-9)
- 2) 小泉, 外: ウェーハ上異物検査装置, センサ技術, Vol.10, No.1(1990)
- 3) 尾上: 検査の自動化・システム化ハンドブック, フジ・テクノシステム
- 4) 西野, 外: サブミクロン評価装置セミナー'90, 日立製作所