

## 特集 ● ウェーハエッジ/裏面検査・研磨

《ウェーハエッジ/裏面検査・研磨の最前線》

# 拡大するエッジトリートメントのニーズ 半導体プロセス向けエッジ検査も本格化

半導体プロセスにおいてウェーハエッジが俄然注目を集めている。Cuプロセスを中心に、ウェーハエッジや裏面への残渣の付着によるトラブルや歩留り悪化などが徐々に明らかになってきたためだ。それに伴い、残渣を除去する“エッジトリートメント”技術や検査技術のニーズも高まっている。市場拡大に伴い多くの企業が参入し、早くも競争は激化している。

エッジトリートメントが必須に

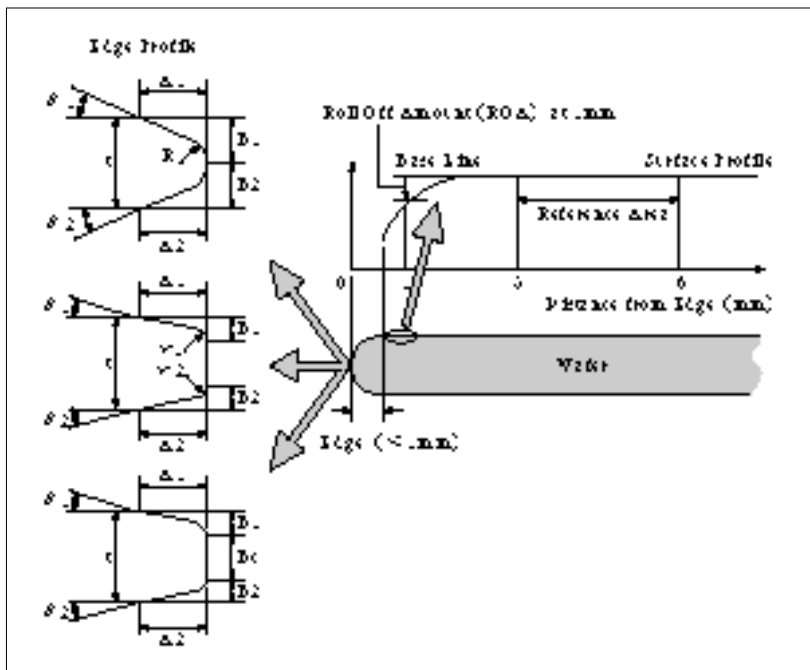
半導体製造プロセスにおける、ウェーハエッジへの注目が急速に高まっている。エッジには、様々な製造プロセスを通過することによって残渣が付着する他、ウェーハ保持時のダメージ（傷や欠けなど）が蓄積する。これらが、その後のプロセスにおいてパーティクルの発生源となり、歩留りを悪化させる他、最悪の場合、ウェーハの割れの要因にもなる。さらに、ウェーハだけでなく、装置の汚染にもつながるケースもあるため、ライン全体への影響も懸念されている。半導体メーカーからも、ウェーハエッジと歩留りの相関についての発表も出てきており、半導体プロセスにおけるエッ

ジ管理は欠かせないものになりつつある。

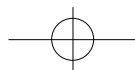
エッジの残渣については、残渣が残らないプロセスにすることが、望ましいがそれは現実的には難しい。そのため、残渣を何らかの方法で除去する“エッジトリートメント”が必要となる。現在、代表的なエッジトリートメントの方法としては、研磨、エッチング（ウェットとドライ）、洗浄などがある。これまでは、主にウェットエッチングが用いられてきた。手軽にエッジトリートメントが行える他、装置コストも比較的安価なためだ。しかし、ウェットエッチングは、原則的に1つの除去対象に1つのエッチング液が必要になる。そのため、異なる膜が複数重なった残渣の場合は、エッチング液を変えながらエッチングすることになる。もしくは、プロセスが終わるごとに、エッチングする必要がある。また、処理まで含めたランニングコストは他の方式に比べて特別安価にはならない。

Cuプロセスでは、CuやTi/TiN、Ta/TaNなど異なる複数の材料が用いられる。これらを別々に処理するのは、手間が掛かるため、一気に除去することが望ましい。これらのことから、研磨装置のニーズが高まってきた。

ウェーハエッジはSEMI規格で形状が定められている。しかし、ある一定の範囲での加工は認められている。半導体メーカーの要望などから、Siウェーハのエッジの形状は全く同一ではない。そのため、微妙に異なるエッジの形状にフレ



エッジの形状とロールオフ



## 特集 ● ウェーハエッジ/裏面検査・研磨

キシブルに対応できる研磨装置が必要となる。さらに、デバイスへのダメージ防止も重要だ。このようにエッジ研磨装置には多様で高い性能が求められている。

ウェーハポリッシング装置や工作機械大手のBBS金明のエッジ研磨装置「e-CMP200/300」では、研磨部位ごとに専用の研磨ステーションを設けてマルチ処理を行う。各部位ごとに最適な研磨条件で研磨が行える他、連続処理では各研磨ステーションが常に研磨しているため、時間のロスを最小限に抑えられる。また、スラリーやパッドも最適化するため、独自に開発している。

スピードファムは、独自のX型研磨方式を開発した。従来のドラム型ではなく、2つのパッドホルダをウェーハの上下のラウンドに沿って押し当てる。先端部については、先端部用のパッドホルダにウェーハ自体を押し当てることにより3面の同時研磨を可能にしている。スラリーは独自開発した水溶性コロイダルシリカ系のものを使用、研磨対象の選択比を問わずに、多層膜でも一気に研磨することができる。

荏原製作所はテープ研磨方式のウェーハエッジ研磨装置を開発した。スラリーを使用しないため、適用プロセスが限定されない他、研磨対象部以外へのダメージが少ない。また、研磨ヘッドを任意の角度にレシピで設定できるので、研磨が必要な部位だけを研磨することができる。さらに、研磨時にウェーハ表裏面を純水でカバーすることで、研磨くずの付着などを防止している。

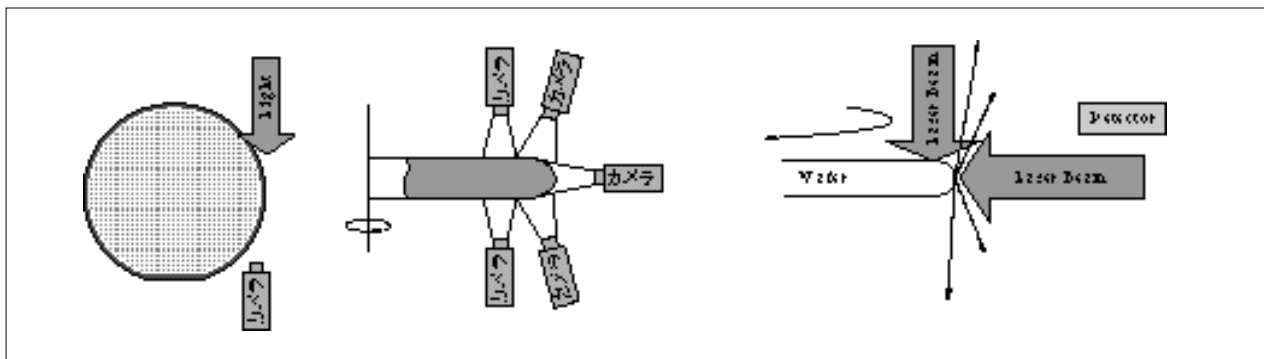
### 独自の画像処理技術を競うエッジ検査

一方、ウェーハのエッジの検査だが、エッジの検査はこれまでSiウェーハメーカーでの最終検査および製造プロセスがメインで、一部半導体メーカーのウェーハ受け入れ検査などに使用されていた。

市場の拡大に伴い、参入メーカーは徐々に増加、現在でも新規参入メーカーは後を絶たない。競争が激しくなる中、各社とも独自技術を活用したエッジ検査装置を展開している。

エッジの最も基本的な検査方法としては、エッジ部に光を照射し、その画像をカメラで取り込む方式だ。ウェーハを回転させながら全周の画像を取り込む。また、エッジ部は立体構造であり、1台のカメラでは取り込むことが難しい。そのため、上部と下部、先端部の3台のカメラを設置することが基本だが、必要に応じて5台程度まで数を増やしていくことも多いようだ。解像度などはカメラの性能で決まる。また、できるだけ詳細に検査する場合は、カメラ台数を増やして検査することになる。しかし、当然ながら、高解像度（高画素）のカメラを多数使用することで、画像データは飛躍的に増えていく。300mmウェーハを1枚検査しただけで、画像データ量は数Gバイトクラスに達することもあるという。さらに、高精細化により、欠陥ではないものも欠陥として判定してしまう疑似欠陥も増えてしまう。このようなデータ量の増大や疑似欠陥などの課題に対して、エッジ検査装置メーカー各社は、アルゴリズムの工夫や処理能力強化などで対応している。

FPD検査装置メーカー大手のクボテックは、独自の画像処理技術を武器にウェーハエッジ検査装置を開発した。同社の全面一括撮影の画像処理型検査技術は、複数台のCCDラインセンサを用いて、対象の画像を一括取得する。取得したデータは画像メモリに記憶させ、専用の画像処理ユニットでデータを処理する。これら基幹部品は全て自社開発している。同社独自のアルゴリズムをハードウェア化することで、最適な処理が行えるという。また、全てを自社開発することで、メンテナンス性にも優れるという。



エッジ検査の主な方法のイメージ図（CCDカメラなどを使った画像処理方式（左）とレーザー方式（右））

## 特集 ● ウェーハエッジ/裏面検査・研磨

エッジ検査装置でも基本的なアルゴリズムには変化はないが、エッジ向けにチューニングを施している。そして、これらの大半は1 $\mu$ m以上の欠陥をターゲットにしているが、Siウェーハメーカーや、半導体メーカーの受け入れ検査だけでなく、半導体プロセスも視野に入れている。

米August Technologyも独自のアルゴリズムを活用してエッジ検査装置を展開している。特に疑似欠陥と実際の欠陥の切り分けに強みを持つ他、フィルタなどの設定を変えられることも特徴になっている。同社も独自開発した画像処理ユニットを使用、LSIなども独自に開発し委託して生産している。日本での販売は丸紅ソリューションが行っているが、すでに日本でも納入実績があるという。エッジだけでなく、裏面の検査も可能だ。それぞれオプションとして1台の装置に付加することができる。

Siウェーハのエッジ検査装置で圧倒的な実績を有するレイテックスは、画像処理ではなくレーザ方式を採用している。レーザの散乱光でエッジの状態を検出するもので、処理時間は200mmウェーハで約15秒と極めて速い。エッジだけでなく、裏面検査装置など、ラインナップを充実させている。

### ロールオフ検査の重要性も高まる

エッジの検査では、傷やパーティクルだけでなく、ロールオフ(Roll Off)も重要な項目になっている。エッジのベベリングのため、ウェーハの外周部には“だれた形状”があるが、これがロールオフと呼ばれる。以前は、ウェーハ表面で実際にデバイスが形成されるのは外周から5~6mmより内側だった。しかし、コストダウンを目的に、半導体メーカーはデバイス形成領域をできるだけ広げようとしている。一部半導体メーカーでは、デバイス形成領域はウェーハ外周部から3mm程度までになっており、これをさらに1~1.5mm程度まで広げようという動きもある。従来は、ロールオフがデバイス形成に与える影響はなかったが、デバイスの形成領域が広がるにつれ、ロールオフの影響が顕在化してきた。ロールオフ部では、露光や成膜、CMPなどのプロセスが正常に行えない場合もあり、それが最終的には不良を発生させる原因となる。ロールオフの管理を厳密に行う必要に伴い、測定装置のニーズも高まっている。

黒田精工は、精密加工の測定をベースに超精密表面形状測定装置「ナノメトロ」シリーズを展開している。ロールオフはウェーハ平坦度検査装置「ナノメトロTT」シリーズで対応している。レーザ

変位計を採用、スポットは10~18 $\mu$ mと非常に微小なエリアを精密に測定することができる。これまで合計50台を出荷、300mmウェーハの需要増に伴い、引き合いが増加しているという。また、同社の特徴として、放射状測定結果をベースに、ユーザーのニーズに対応した解析ソフトウェアを用意している。ユーザー側で使用するだけでなく、黒田精工でデータの解析も行っている。さらに、スーパーシリコン研究所(SSi)と共同で400mmウェーハ対応装置を開発しており、450mmにも対応できるという。

レイテックスの「DynaSearch XP」は、ウェーハ厚さ、平坦度、Nanotopography、ロールオフを一度で計測でき、これまで多くの実績を築いている。DynaSearch XPは片面計測方式であるため、2004年9月に米KLA-Tencorのウェーハ両面測定装置「Nano-Pro NP1」に関する事業を買収した。その後、精度の向上や機能の追加などを行っている。両面の検査を強みに300mmウェーハだけでなく、200mmでも拡販を図っている。

### 半導体プロセスへの適用が本格化

Siウェーハメーカー向けがメインだったエッジ検査装置だが、最近では半導体プロセスへの適用も活発化してきた。エッジの状態をモニタリングすることで、適切なエッジトリートメントを行うとともに、その結果を確認する。特にCuプロセスでは、Cuが裏面にまで回り込む他、バリア膜などパーティクルや汚染の原因となる材料が多用されるため、検査およびトリートメントが必須となっている。しかし、半導体製造プロセスでは、Siウェーハ向けに比べより微細な検査が求められる他、対象となる物質も多い。

レイテックスは、数年前より半導体プロセス向けウェーハエッジ自動欠陥検査装置「EdgeScan PLUS」を完成させた。多様なニーズに対応するため、次世代標準プラットフォーム「インパラ」を開発、搭載している。日本の半導体メーカーを中心に評価・導入が進んでおり、今後は海外への拡販も狙っている。日本電子はSEMによるエッジの欠陥解析・管理を提案している。ウェーハエッジ検査装置と連動し、測定された欠陥位置情報により、SEM観察を行う。また、オプションでEDX機能を付加できるため、EDX分析までを1台で行うことができる。

半導体プロセスへの本格導入がスタートしたことより、エッジ検査装置はさらに市場が拡大していくとともに、競争激化も予想される。(成沢 誠)