

## 450mm ウェーハに対する調査

半導体装置技術専門委員会（後工程 検査分科会）

### 【はじめに】

“半導体の集積度は 18 ヶ月～24 ヶ月で 2 倍になる”というムーアの法則が、半導体デバイスの微細化を推進し、性能向上を実現してきたのは周知の事実である。微細化は性能向上だけでなく生産性向上にも寄与してきた。微細化によりチップサイズを小さくすることができ、ウェーハ当たりのデバイス生産数量が増加するからである。しかしながら、最近の MPU では微細化の進展は鈍化傾向にあり、デバイス性能を向上するための開発投資が増大している。このため微細化による生産性向上へのインパクトが薄らいでいる。

生産性を向上するもう一つの方法はウェーハの大口径化である。半導体業界では、1980 年から 150mm、1991 年から 200mm、2001 年から 300mm というように約 10 年間隔にウェーハの大口径化を実現してきた。ITRS (International Technology Roadmap of Semiconductor)では当初(2003 年)10 年間隔説にならい 2012 年からの 450mm ウェーハ導入を予想していたが、ITRS2012 では量産開始を 2017 年と後倒した。しかしながら、アメリカで G450C(Global 450mm Consortium)が立ち上がり、欧州でも EEMI450(European 450mm Equipment and Materials Initiative)が立ち上がるなど、産学協同での 450mm ウェーハの研究開発が本格化してきており、装置メーカーとしても今後の動向に注視する必要がある。

また、450mm ウェーハが採用されるデバイスは当面の間は付加価値性の高いハイエンド群からということになると思われるが、将来はスマートフォンやタブレット端末に代表されるモバイル機器など身近なボリュームゾーンへの次世代技術展開として期待が持てる。

検査分科会は半導体後工程の分野（ウェーハ状態での検査/パッケージ組立/パッケージ状態での検査）を担当している。本報告書では、生産性向上のために 450mm ウェーハを導入した場合の後工程の課題について検討した。パッケージ工程以降はウェーハ口径と直接関係ないため（スループットの課題は存在する）、ウェーハ検査の主要装置であるテスト、プローバとプローブカードを対象とした。検査工程の装置仕様はデバイス仕様に大きく依存するが、450mm ウェーハで生産されるデバイス仕様や検査要求が明確ではないため、一般的な装置仕様項目でウェーハ口径対応の比較検討を行った。

図 1 にテスト、プローバ、プローブカードから成るウェーハ検査装置の基本構成を示す。各構成装置の詳細説明については 2010 年度半導体製造装置技術ロードマップ報告書等を参照していただきたい。

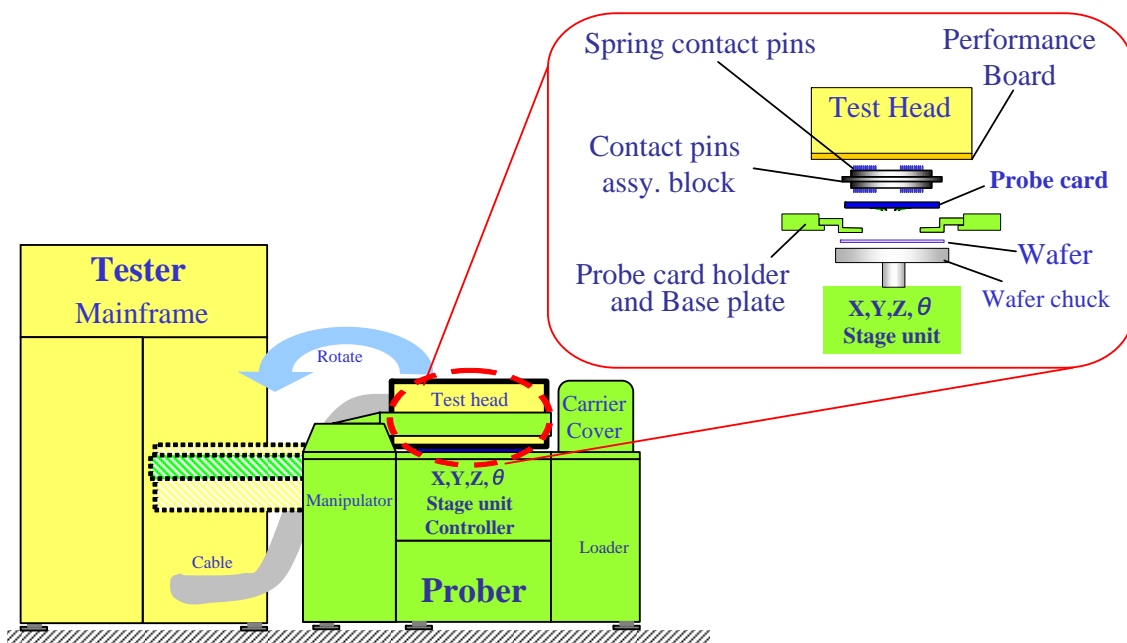


図1 ウェーハ検査装置の基本構成

【調査】

300mm→450mm化では単純計算で  $1.5 \times 1.5 = 2.25$  倍の生産量倍率を得られるが、コスト面において、この比率を大きく損なわずにコスト倍率を抑えて経済的効果を見出すには多岐に渡る技術革新を無くしては容易ではないと考えられる。

450mm化におけるコスト構成要素は複雑な構造であり、例えば表1に示したISMI (International SEMATECH Manufacturing Initiative) による450mmへの移行の想定(経済性予測分析)においてはファブの設備出費、水道光熱およびメンテナンス、サブストレート、その他(人件費、材料費)の4要素に大別されて、それぞれに対してファブコストの占める割合、コスト倍率、生産量の倍率、出費への影響を数値化して分析されているが、まだ潜在的なコスト要素の細分化が必要であると考えられる。

コスト構成要素	ファブコストに占める割合	コスト倍率	生産量倍率	出費への影響
ファブの設備出費	50%	1.3	2.3	-45%
水道光熱およびメンテナンス	19%	1.3	2.3	-45%
サブストレート	7%	5.5	2.3	135%
その他(人件費、材料費)	24%	1.3	2.3	-45%
合計(ウェハーのコスト)	100%	1.6	2.3	-32%

表1) ISMI による450mmへの移行の想定 (32nm, 2012年, ファウンドリー)

出展 ([http://www.semi.org/cms/groups/public/documents/web\\_content/ctr\\_026315.pdf](http://www.semi.org/cms/groups/public/documents/web_content/ctr_026315.pdf))

各メディアから発信されている 450mm 化における業界の準備状況を調査してみると、各装置の技術課題は現状の 300mm 装置のサイズを単純に拡大した場合とはかなり次元が異なる内容であると読み取ることができる。また、殆どの情報が前工程に偏っており後工程に関する話題は少ないのが現状ではないかと思われる。

ここで、表 1 のコスト構成要素の内、50%を占めているファブの設備出費の一部であるテスト、プローバにおいて単なる設備の初期投資出費としてだけではなく、「テスト」に焦点を絞って以下の通りテストコストを考慮した課題を挙げてみた。

【課題】

一般的にテストではテスト効率、テストコストが一番大きな課題として取り上げられる。この観点で見ると 450mm 化において一番影響が大きいのはウェーハ面内のチップ数である。同じチップサイズの場合、得られるチップ数は 300mm と比較すると約 2.25 倍となる。ここで、比較のためにデバイスのピン数、チップ面積には変化がなく、更にはテスト手法においても同時測定数が同じ条件で既存技術の延長であると仮定するとテスト時間(スループット)も単純に約 2.25 倍となる事が容易に想定できる。到底このままでは無視できない数値である。

この際のテスト、プローバ、プローブカードそれぞれの側面からみた予想される技術課題を以下に示す。尚テストに関しては、何も講じなければ既存の装置が使えるがウェーハ単位当たりのスループットが単純に 2.25 倍に増加するだけでありテストコスト削減に寄与できないため、まずスループットを 1.00 倍に維持することを前提として検討した。

表 2 に、テストおよびプローバの 450mm 化における対 300mm の主な課題の比率(予想値)を示す。

主な課題	対象	
	テスト	プローバ
多ピン化	2.25	-
価格	1.70	1.80
外形寸法(Foot Print)	1.80	1.90
コンタクト方法(耐加重)	2.25	-
Signal Integrity	2.50	-
面積効率	-	1.17
スループット	1.00	2.23

表 2) 450mm 化における対 300mm の主な課題の比率(予想値)

\*上記比率はそれぞれある一定条件の仮定に基づいて予想した

ここではテスト、プローバをコスト構成要素の設備出費の一部として捉えており、複雑に絡み合う影響度を比率で表し総合的に捉えるべきと考え、主な課題の比率の目標値は特に定めていない。

また、**敢えて何ら革新的な課題解決を伴わない段階のもとしたため**、表1の想定値ではコスト倍率が1.3とされているが単なる拡張だけでは表2に示した予想値が掛け離れているというのが現状であり、今後いかにこれらの比率を低減させるかが我々装置メーカーに課せられる課題であると言える。

テストおよびプローバにおけるその他にも予想される主な技術的課題とプローブカードに関する技術課題を以下に列記する。

#### 【プローバ】

- ・ 大型ウェーハのハンドリング技術
- ・ ウェーハ大口径化に伴うコンタクト精度の維持
- ・ ステージ重量増加に伴うインデックス時間の維持

#### 【テスト】

スループットを維持し、テストコスト増加の低減手段として最も有効的な方法は同測数拡張である。但し、同測数を増加すると下記のような課題がある。

- ・ 同測数拡張に対応するためのリソース多ピン化による装置価格の上昇
- ・ 消費電力の増加
- ・ 重量の増加
- ・ そり(Flatness)の維持
- ・ Signal Integrityの維持向上

#### 【プローブカード】

- ・ プローブカード自体の重量増加による、カードの取り扱い
- ・ 針立て領域の拡大（ピン数増加）に伴うカード径の大口径化  
→針高さ精度維持（カード補強機構の大型化）
- ・ 熱に因る針位置精度への影響  
→補強機構の質量増加に因る、カードの熱的平衡状態に成るまでの時間の増加  
→針立て領域の拡大に伴う、温度変化に因る部材の膨張/収縮からの針位置精度への影響の増加
- ・ システム全体としての剛性  
→プローバのZ-up量の荷重をテスト/プローバに逃がさず、カードでの針荷重に有効に掛けるなどの考慮
- ・ ピン数増加に伴うカード設計の複雑化とカード価格の上昇

## 【まとめ】

ウェーハ検査工程に対する要求として 450mm 化のコスト倍率に特化した内容は明確には示されていないのが現状であるが、この装置コストの課題は 450mm 化に限らず常にチャレンジされ続けられていることと捉えており、いずれにしても常に高スループット化が求められていることは言うまでもない。

また、例えばデバイスの上流設計(DFT)による更なるチャレンジでチップ当りのピン数を減じるなどの工夫、BIST、コンカレントテストなどの積極的な導入によるテストの高効率化を図るのもコスト倍率を抑制する一つ的手段である。しかし、設計コストとテストコストとのバランスが鍵となり、全ての場合で経済的効果を得られる訳ではない。今後は、デバイス設計とテスト設計およびテスト装置がより協調性を深めて、テストコスト低減に取組む必要性が高くなると考えられる。

上記の様に 450mm 化におけるテストコストを考えた場合、先行する前工程の開発に加え後工程においても新たな技術課題に伴う装置コストとそのランニングコストの上昇が予想されるが、特にテストにおいてはまだその課題に直面する段階には至っていない。将来その課題解決へ向けたテスト装置開発の投資機会に迫られた場合、現時点ではそのROI(Return On Investment)の適正判断材料が乏しいというのが実情であるが、欧米で活発化する 450mm ウェーハの開発状況に注視していく必要がある。

また、今回挙げた課題はテストコストを考慮したものであり、これらの課題解決に向けた取り組みが進めば 450mm 化に限らず、その副産物として既存の 300mm ラインでの「テスト」の高スループット化への寄与が期待できる。