

# シリコンウエハ用高精度平坦度測定装置

半導体デバイスのデザインルールの微細化とともに、シリコンウエハの平坦度への要求が高まっている。一方、生産性の向上のため、ウエハの直径サイズは10年おきに拡大されており、実験的な450mmファブの建設が施工されるなど、現在主流の300mmから450mmへの移行が検討されている\*1)。

当社は、300、450mmシリコンウエハ用の高精度平坦度測定装置のニーズに答えるため、LSWシリーズの開発を行い、商品化した。本稿では、測定原理と装置構成、および性能について紹介する。



LEO事業本部  
田原 和彦

## F-1 平坦度の評価方法

### 参考文献

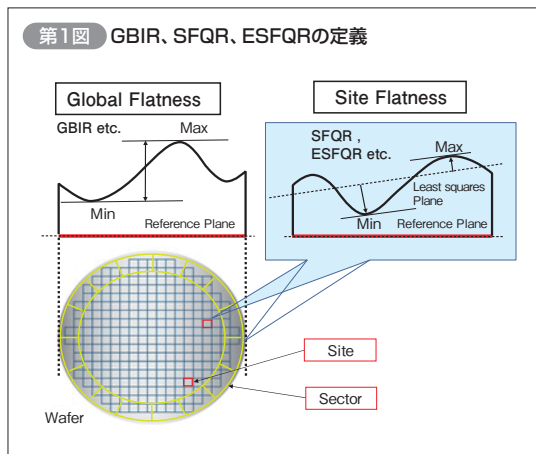
\*1)

ITRS 2011 International Technology Roadmap for Semiconductors 2011 Edition.

\*2)

松岡英毅、他：神戸製鋼技報, Vol.59, No.2 (Aug. 2009) p.7

平坦度にはグローバルフラットネスとサイトフラットネスがある。グローバルフラットネスはウエハ全面で評価される平坦度を示し、代表的なものとしてGBIR



(Global backside ideal range) がある。GBIRは厚さ分布の最大、最小の幅と定義されている。サイトフラットネスは指定された領域内で評価される平坦度を示し、その評価は格子状に区切られた領域(サイト)、またはウエハエッジの円弧に沿った帯状に区切られた領域(セクタ)で行われる(第1図)。代表的なものとして、サイトを用いた評価にはSFQR (Site front least squares range) が挙げられ、セクタを用いた評価にはESFQR (Edge site front least squares range) が挙げられる。ESFQRは平坦度の悪化しやすいエッジに注目した指標である。これらは厚さの分布から最小2乗法により求められた基準面からの偏差の最大、最少の幅と定義される。サイトフラットネスの値が適正値を超えると、リソグラフィ工程でデフォーカスが生じ、正常なパターンを作成することができない。そのため、管理が必要とされる。

## F-2 当社の平坦度測定装置への取り組み

当社は平坦度の検査装置として、スライス・研削などのウエハ加工プロセスの工程管理に用いられるSBWシリーズ、再生ウエハの出荷前検査に用いられるLGWシリーズをリリースしてきた。SBWシリーズはラインスキャン方式で平坦度を簡易的に測定でき、LGWシリーズはスパイラルスキャン方式でウエハ全面のグローバルフラットネスが測定可能である。また、LGWシリーズは静電容量式センサを使用しており、GBIRを約5mmの空間分解能、かつ100nm以下の繰り返し精度(標準偏差)で測定することができる\*2)。

本稿で紹介するLSWシリーズはウエハ研磨後の工程向けにリリースされたもので、グローバルフラット

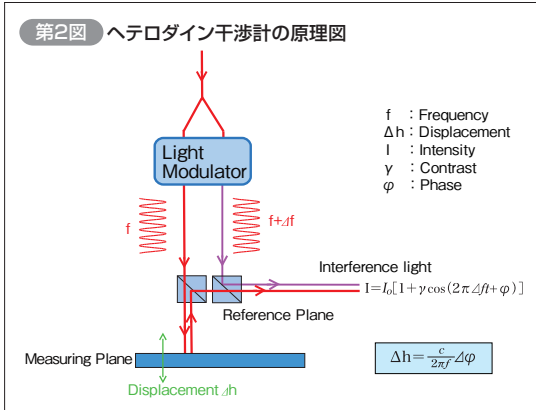
ネスに加え、サイトフラットネスを測定することができる。後述するように、光学干渉式のセンサを使用しており、LGWよりも高速なスパイラルスキャンを行うことができる。そのため、短時間で高密度なデータ取得が可能となり、SEMI (Semiconductor equipment and materials international) 規格が規定する空間分解能で測定を行うことができる。その空間分解能はSFQRの場合に1mm以下、ESFQRの場合に0.5mm以下である。グローバルフラットネスの測定精度も向上し、GBIRを10nm以下の繰り返し精度(標準偏差)で測定することが可能である。

## F-3 ヘテロサイン干渉計の原理と特徴

LSWシリーズ用に開発したヘテロサイン干渉計の原理図を第2図に示す。周波数 $f$ と $f+\Delta f$ に変調され

た光は、それぞれ測定面と参照面によって反射され次ページの光強度 $I$ を持つ干渉信号となる。

第2図 ヘテロダイン干渉計の原理図



$$I = I_0 [1 + \gamma \cos(2\pi \Delta f t + \varphi)]$$

ここに、 $I_0$  : 2光波の強度の和  
 $\gamma$  : コントラスト  
 $\varphi$  : 2光波の位相  
 $t$  : 時間

干渉信号の位相 $\varphi$ は測定面と参照面の距離に応じて決定されるため、測定面の変位変化量と位相変化量の関係は次式で表わされる。

$$\Delta h = \frac{c}{2\pi f} \Delta \varphi$$

ここに、 $\Delta h$  : 変位変化量  
 $\Delta \varphi$  : 位相変化量  
 $c$  : 光速

位相検出器により位相変化量 $\Delta \varphi$ を検出し、位相接続処理を行うことにより、測定面の変位をえることができる。一般的に、ヘテロダイン干渉計は干渉光の位相変化を観測するため、光量変化による測定精度への影響が少ないという特徴がある\*3)。

当社におけるヘテロダイン干渉計の光学系は位相の乱れが最小限になるように構成され、センサヘッドには振動、音響対策がほどこされている。位相検出器は、干渉信号を出力信号へ変換する際に内部で生じるノイズが最少になるように設計されている。以上により、センサ単体では0.1 ~ 0.2nmのノイズ量で測定が可能となった。また、この干渉計は高速サンプリングをおこなえるため、変位変化に対する応答性が良く、ウエハをエッジで保持した状態においても高精度な測定が可能である。

参考文献

\*3) 公開特許 2010-175499

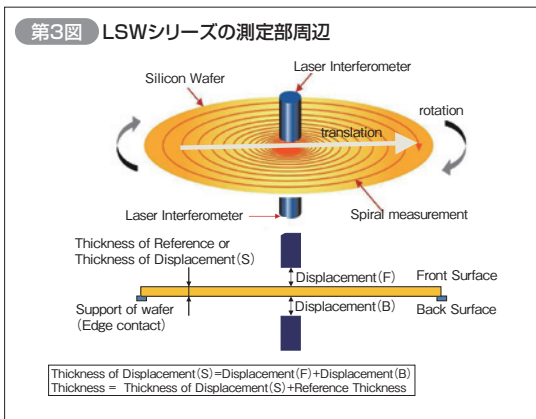
## F-4 平坦度測定部の構成

LSW シリーズの測定部周辺の構成を第3図に示す。対向して配置した二つのセンサの間にウエハを搬送し、上側のセンサとウエハの表面間、および下側のセンサとウエハ裏面間の変位変化を測定する。ウエハステージは高速回転と並進が可能で、エッジを支持されたウエハの全面をスパイラル状にスキャンすることができる。

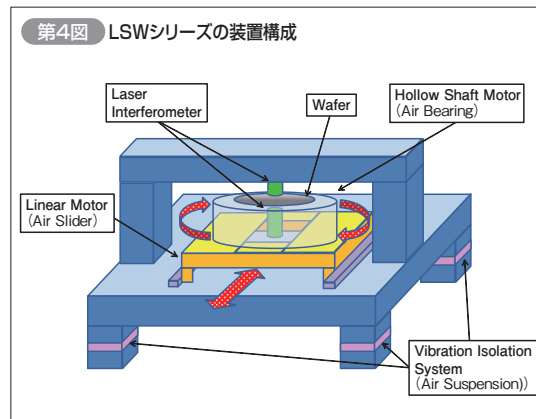
第4図にLSWシリーズの装置構成を示す。高い

剛性を持つ石定盤を用い、装置下部には床から伝わる振動をカットするため、エア式の除振器を搭載した。動作中の振動を抑制するため、回転ステージにはエアベアリングの中空モータ、直動ステージにはエアスライダのリニアモータを採用した。以上のように、制振、防振対策がほどこされ、前述のヘテロダイン干渉計の性能を生かした装置構成となっている。

第3図 LSWシリーズの測定部周辺



第4図 LSWシリーズの装置構成



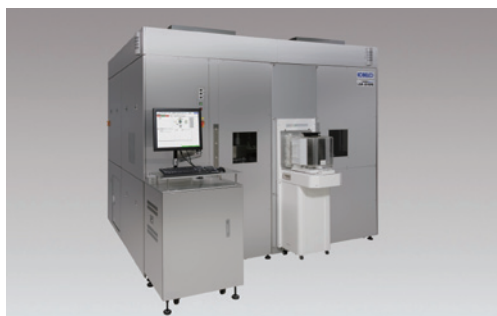
## F-5 装置構成

装置例として第5図に300mm用LSW-3010FE (LSW-3000シリーズ)の写真を、第1表に装置スペックを示す。450mm用を含むLSWシリーズは、両鏡面ウエハのグローバルフラットネス、サイトフラットネス、Bow/Warp形状を測定することができる。カセット数

や種類などをカスタマイズでき、マニュアルタイプから全自動タイプまで、用途に応じたラインアップがそろっている。ウエハプロセスでの要求に対し、エッジロールオフ、抵抗、PN判定、ID読み取り、直径などの測定機能を付加することが可能で、測定結果に応じてウ

エハの並び替えを行うソーティングシステムとしても構成できる。

第5図 LSW-3010FE  
(300mmウエハ用高精度平坦度測定装置LSW-3000シリーズ)



第1表 LSW-3000シリーズの標準スペック

|                    |  |
|--------------------|--|
| Wafer              | Silicon Monocrystalline Wafer (Polish)   |
| Wafer Size         | 300 mm   |
| Wafer Thickness    | 650~850 μm   |
| Cassette           | FOSB, Open, FOUP etc.  |
| Transportation     | Edge Handling  |
| Measurement Method | Optical (Flatness, Bow/Warp)<br>Electrostatic Capacity (Center Thickness)  |
| Scan Mode          | Spiral Scan<br>R Direction : 0.5, 1, 2 mm Pitch<br>θ Direction : ≤ 1mm Pitch   |
| Measurement Item   | Global Flatness : GBIR, GFLD, GF3R, GFLR, GF3R<br>Site Flatness :<br>Site : SBIR, SFLR, SF3R, SFQR, SBID, SFLD, SF3D, SFQD<br>Sector : ESFQR, ESFQD<br>Shape : Bow/Warp<br>Thickness : Center Thickness etc. |
| Tact Time          | ≒60 s/Wafer  |
| Size of Device     | 2600 × 2545 × 2050 mm (W,D,H)  |
| Weight             | 4500 kg (approx.)  |
| Power Supply       | AC200 V±10%  |
| Temperature        | 23±1 °C  |
| Environment        | Clean Room : Class1000 or More   |
| Application        | FFU, Load Port, OHT, SECS / GEM etc.   |
| Option             | Edge RollOff, Resistance, PN Judgment, ID Reading, Diameter etc.   |

## F-6 測定例と装置性能

第6図にLSW-3000シリーズの測定例を示す。図のように2次元MAPと3次元MAP、ラインプロファイルや、それ以外にもサイトマップやサマリデータなどの表示を行うことができ、FQA、サイト、セクタなどの条件を変えて再計算することも可能である。

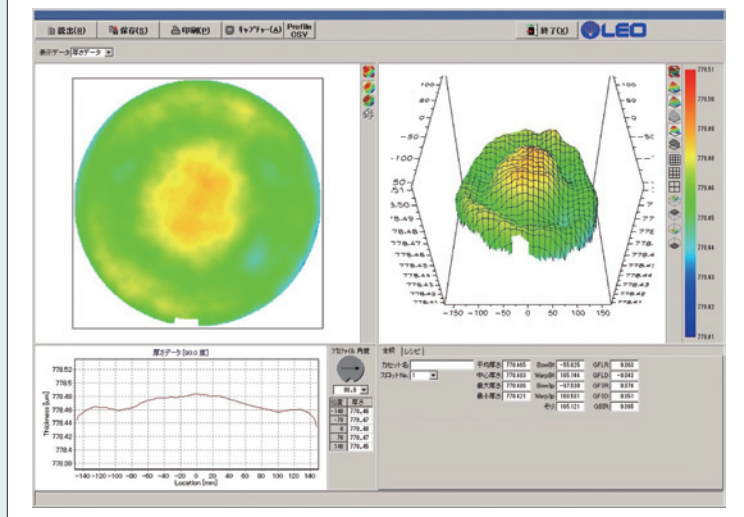
LSW-3000シリーズで300mmウエハのSFQRとESFQRを10回測定し、再現性の評価を行った。第7図にSFQR測定値の平均値からのばらつきを縦軸、サイトの番号を横軸としてプロットした結果を示す。計算条件はサイトサイズ26×8mm、サイトオフセット(0,0)、全サイト数は336個である。すべてのサイトの標準偏差の平均値は0.33nmとなった。

第8図にESFQR測定値のセクタの個数の度数分

布を示す。計算条件はセクタ長さ30mm、セクタ角度5deg、全セクタ数は72個である。すべてのセクタの標準偏差の平均値は0.39nmとなり、約9割のセクタが0.5nm以下、すべてのセクタで1nm以下のばらつきとなった。

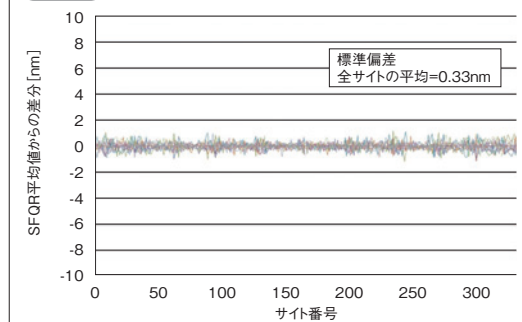
以上の結果よりサイトフラットネス(SFQR、ESFQR)をサブナノメートルの精度で測定できていることがわかる。

第6図 LSW-3000シリーズの測定例

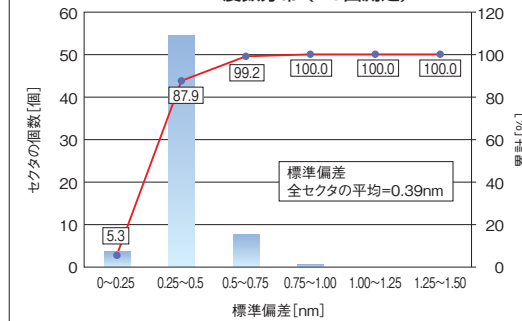


高精度平坦度測定装置LSWシリーズ(300mm、450mmウエハ対応)を紹介した。本装置はヘテロダイン干渉計と高い制振、防振性能を持つステージおよび駆動部で構成されており、サブナノメートルレベルの高い精度でサイトフラットネスが測定できる。

第7図 LSW-3000 SFQR測定値の再現性(10回測定)



第8図 LSW-3000 ESFQR測定値の標準偏差度数分布(10回測定)



これにより、当社はウエハ製造の全工程における形状、平坦度測定装置のラインアップをそろえることができた。今後も当社の誇る高い開発力と技術力を駆使し、お客様のニーズに応える高精度な製品を開発していきたい。