研究論文

シリコンウエハー厚さの非接触高精度測定・凹凸性状可視化システムの開発

三村　和弘*　家坂　邦直*　小海　茂美*　古畑　雅弘*
松本　好勝*　橋詰　史則*

Development of High Precision and Non-contact Measurement System that makes Thickness Form of Silicon Wafer visible

MIMURA Kazuhiro*, IESAKA Kuninao*, KOKAI Shigemi*, FURUHATA Masahiro*,
MATSUMOTO Yoshikatsu*and HASHIZUME Fuminori*

抄　　録

シリコンウエハーの厚さ測定を空圧非接触で行い，凹凸性状の可視化を実現するシステムを開発した。空圧流でシリコンウエハーを浮上回転させながら，高精度レーザ変位センサを 2 個用いて上下からの挟み込みでウエハー全面の測定を行う。さらに，測定データからウエハーの厚さを求めてPLC(Programmable Logic Controller)に保存し，パソコンと通信を行い三次元凹凸性状を表現する。

1．緒　　言

近年，シリコンウエハーの大口径化が進むとともに，ウエハーの表面性状は高い平坦度が要求され，検査工程において高精度の測定が望まれている。現行の厚さ検査は，ウエハー自体を冶具で固定支持するので，ウエハーに汚れや傷などが付着する可能性がある。そこで，空圧流を用いて非接触でウエハーを浮上回転させ，ウエハー全面を測定する方法を開発した。また，開発機とパソコンを通信させて，ウエハーの厚さデータを三次元状に可視化し，後工程の研磨条件を容易に決定できるソフトウエアも作成した。

2．　開発機の概要

2.1　測定部の概要

図 1 にシリコンウエハーをセットした開発機の測定部を示す。測定部は，ウエハーを非接触で制御する浮上回転部とレーザ変位センサを取り付けたローディング部からなる。

* 素材応用技術支援センター

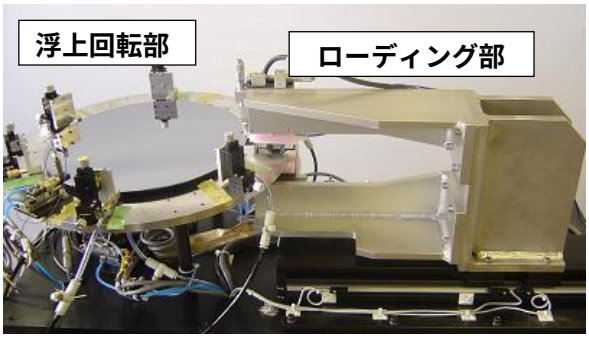

図 1　開発機の測定部

2.2　浮上回転部

浮上回転部では，6 個のノズルとノッチを検出するためのファイバセンサ 1 個が取り付けてある。各ノズルは図 2 のように XZ ステージに固定されていて，これを操作して前後上下に微調整でき，さらにノズル先端を角度調整することが可能となっている。測定時は，ウエハーを非接触で制御するため，テーブル下方からの空圧流でウエハーを浮上させる。また，各ノズルの流量や先端角度を調整することによりウエハーの挙動を制御する。

図 2　ノズルと XZ ステージ

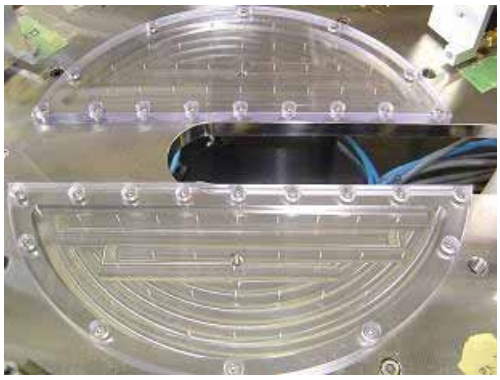

図 3　浮上回転のテーブル

また，空圧流を安定させるため空気を溜める空間を作り，多数の小孔より空気を吹き出させている。図 3 に浮上回転をさせるテーブルを示す。

設定に関しては，テーブルの水平度や空圧流を調整して，ウエハーのノッチ検出が可能になるまで回転偏芯を抑えることができ，浮上状態でウエハーをほぼ停止させることにも成功した。また，空圧流の流量や方向などを変化させてウエハーの回転数を任意に調整した。

ここで，回転数は全体の測定時間に影響するものであり，今回は 20~30rpm 程度の回転数で測定を行った。

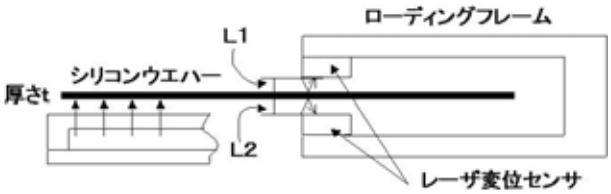

図 4　レーザ変位センサとローディングフレーム

表 1　レーザ変位センサの仕様

メーカ（機種名）	キーエンス(LK-G15)
直線性	±0.03%ofF.S
繰り返し精度	0.02μm
温度特性	0.01%F.S/℃

2.3　ローディング部とレーザ変位センサ

ローディング部の先端には，上下一組のレーザ変位センサが取り付けてあり，ウエハーの上下の変位（L1，L2）を測定し，ウエハーの厚さ t を算出する。図 4 にレーザ変位センサとローディングフレームを示す。このとき，ウエハーは上下に振動するが，挟み込み測定であるため，その影響はキャンセルされる。レーザ変位センサの仕様は表 1 のとおりである。サンプリング速度は 50μs，平均回数は 16 回移動平均で設定した。

測定は，ウエハーが浮上回転テーブルに対し非接触で安定回転してから，ウエハーの周端近傍点より開始する。ウエハーには一箇所だけ 1mm 深さのノッチがあるので，この部分をファイバセンサで読み取り，ウエハーが 1 周するときの円周表面上を測定し，1 周が終了したらローディングフレームが中心方向に 5mm 移動し，次の同心円周上の測定を行う。これを 30 回繰り返して，ウエハーの周端近傍点から中心点までの厚さデータを取得する。ここで，1 周あたり 72 点の測定点としたので，ウエハー全面のデータ数は 72×30＝2160 点となる。

2.4　制御方法

PLC(Q02HCPU:三菱製)を使用して，機械制御を行い，センサからの測定データもセンサコントローラで演算された後に PLC のメモリに保存する。これを図 5 に示す。これらは、測定部の下段に格納してあり，一連の操作は、装置の前面に取り付けてある図 6 のタッチパネルで行う。

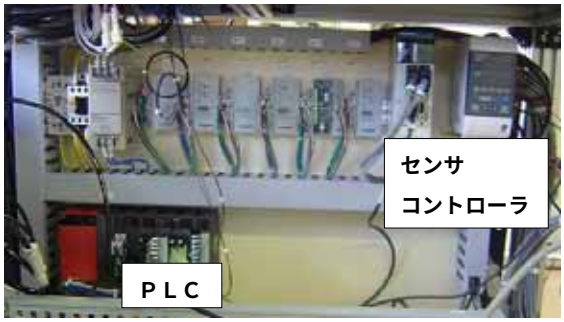

図５　センサコントローラとＰＬＣ

図６　操作用タッチパネル

3.　可視化システム

3.1　PLC とパソコンとの接続

PLC とパソコンとの接続には，RS232C を用い，その通信プロトコルを表 2 のとおりにした。また，PLC 専用のプロトコルの MC プロトコル，形式 4 を採用した。

PLC 内のデータを読み出すために，パソコン側からコマンド送信を行い，ワード単位でデータを読み出した。

3.2　プログラムの作成

データを三次元表示するために，汎用的な計測制御ソフト LABVIEW7.0(日本 NI 社製)を用いて凹凸性状可視化ソフトを開発した。このソフトは，ソースコードをブロックダイアグラムと呼ばれるもので作成し，パソコン画面上にフロントパネルを構築する。そして、フロントパネル上で操作し実行する。

表２　通信プロトコル

ボーレート	19200bbs
パリティ	なし
データビット	8bit
ストップビット	1bit

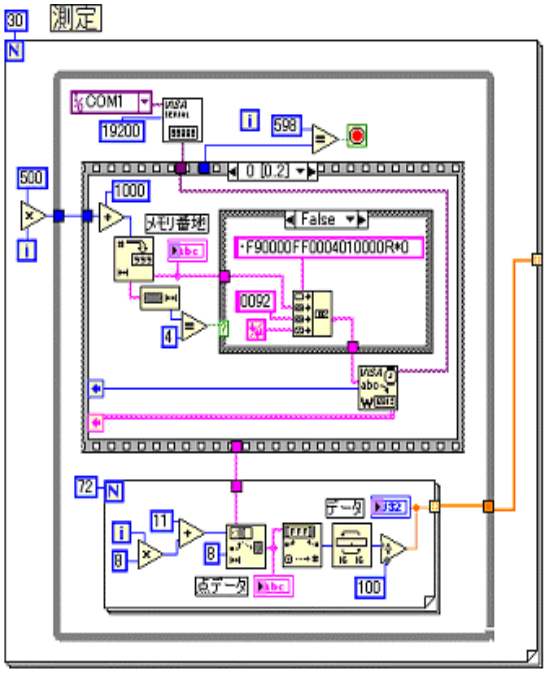

図７　測定データを読み出すプログラム

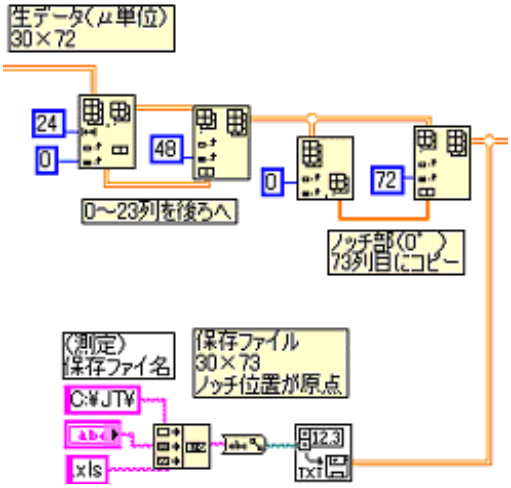

図８　データを保存するプログラム

3.3　測定用モード

測定データを PLC より読み出すプログラムを図 7 に示す。ここでは，データを読み出すだけでなく，データの配列も作成する。また，図 8 にデータをパソコンのハードディスクに保存するプログラムを示す。これは，データをウエハーのノッチ部を基準としたデータに並べ替えて保存している。

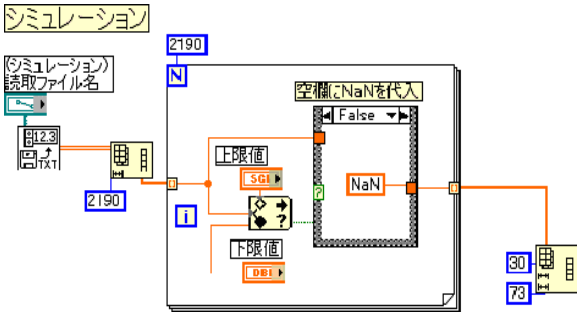

図 9　保存ファイルを読み出すプログラム

3.4　シミュレーション用モード

測定データを単に表示するだけでは，ウエハー上の明らかな傷やゴミ等が存在したときに，そのデータも表現してしまうため，任意にデータを削除する必要がある。また，パソコンに保存されてあるデータを再び表示することも必要なため測定モードのほかにシミュレーションモードのプログラムも作成した。図 9 に保存ファイルを読み出すプログラムを示す。ここでは，データを読み出して，任意に設定できる上限値と下限値に従い，データを削除できるようにした。さらに，最大値と最小値の差を求めたり，断面図を任意方向で切断した凹凸性状を観察できるプログラムも作成した。

3.5　フロントパネル上での操作

3.5.1　三次元凹凸性状

操作は，測定データが全て PLC に保存されてからデータを読み出したり，ハードディスクの保存ファイルを読み出したりすることで，ウエハーの三次元凹凸性状，等高線図，および最

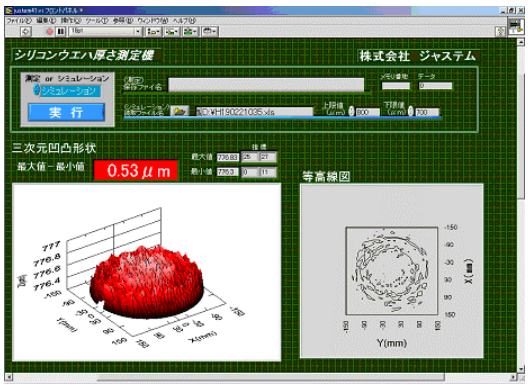

図 10　三次元凹凸性状

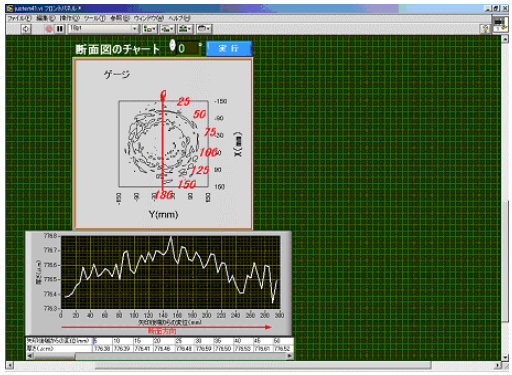

図 11　断面チャート図

大値と最小値の差などをパソコン上に示す。

最初に測定とシミュレーションの一方を選択する。測定の場合は，パソコンに保存するために任意のファイル名を入力し，シミュレーションの場合は，既に保存されているファイル名を入力する。そして，画面上の実行ボタンをクリックして実行する。この画面を図 10 に示す。

3.5.2　断面チャート図

断面チャート図は，図 11 に示すように断面を XZ 平面で表した。等高線図上の赤矢印を操作することで，任意断面を指定できるようにした。操作は，赤矢印をマウスでクリックする。または，テキスト数値を直接入力して断面を設定する。ここで，断面を表す方向を一義的に決定するために，各点の X 座標を矢印後端からの変位で表した。

4.　従来機と開発機の測定比較

4.1　サンプルの測定結果

図 12 にウエハーの厚さが凹型となっているサンプルを従来機と開発機で測定した結果を示す。この図は，ウエハー表面を XY 平面にし，厚さを Z 軸にしている。そして，厚さの最大値と最小値の差を比較した。図 12(a)の従来機の結果より最大値と最小値の差は 0.8μm 程度であり，図 12(b)の開発機の結果は 1.2μm 程度となっている。さらに，ウエハーの厚さが凸型のものを従来機で測定した結果を図 13(a)に示し，開発機での結果を図 13(b)に示す。従来機

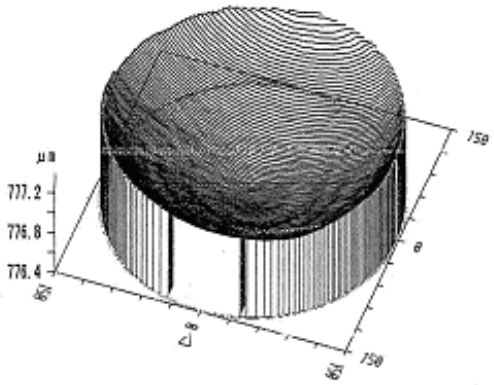

図 12(a)　従来機による凹型サンプル測定

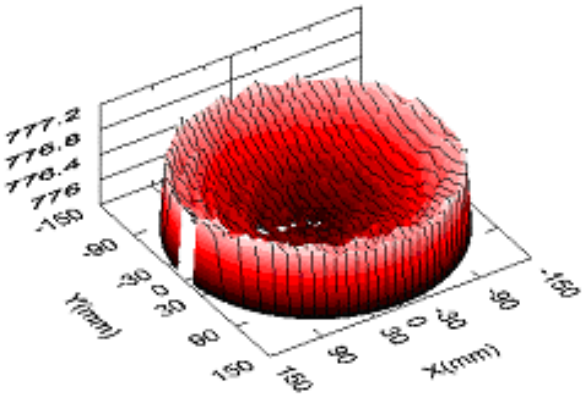

図 12(b)　開発機による凹型サンプル測定

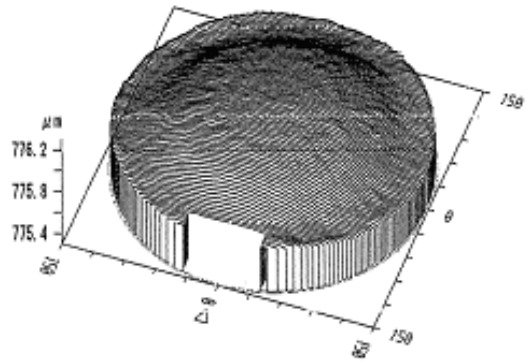

図 13(a)　従来機による凸型サンプル測定

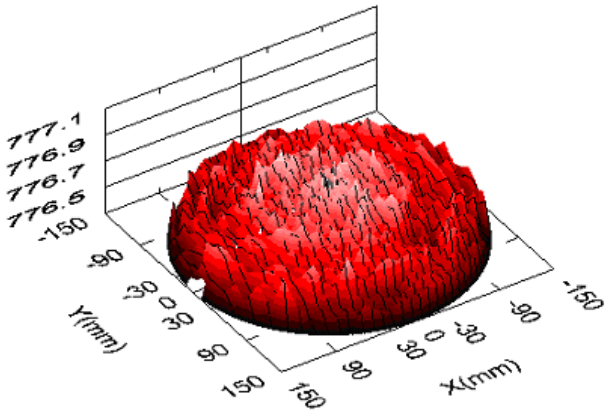

図 13(b)　開発機による凸型サンプル測定

では，0.4μm 程度であり，開発機では 0.5μm 程度であった。

4.2　測定の考察

静電容量型のセンサを用いている従来機の測定結果は細かな凹凸が目立たず，滑らかなものとなっている。一方，レーザ変位センサを用いている開発機では，測定した結果は凹凸が目立ち，値も大きくなっている。この両者の値を近づけるには誤差要因の更なる改善とともに，レーザ変位センサの測定値に対してデータ処理をかけるなどの工夫が必要である。

5.　結　　言

(1)　空圧非接触でシリコンウエハーの回転・停止・回転偏芯防止技術を確立できた。

(2)　高精度で非接触測定が可能なシリコンウエハー厚さ測定機を開発した。

(3)　シリコンウエハーの厚さを三次元凹凸性状で表現できるソフトウエアを開発した。