

IC検査用電子ボードの熱変形の評価に関する研究

大塚裕俊
機械電子部

Study on Estimation of Thermal Deformation of Probe Board

Hirotohi OHTSUKA
Mechanics & Electronics Division

要旨

プローブボードは検査用触針（プローブ）を配置した電子ボードであり、ICの性能検査の工程に用いられる。このプローブボードの作動時の問題として、対向する熱源からの熱による基板の熱変形がある。これはウェハと触針の接触関係及び検査精度に微妙に影響するため、この熱変形を事前に評価して製品設計に生かせればより合理的である。

本研究では流体（空気）解析による熱移動とボード（固体）中の温度分布による変形解析の2段階モデルにより、この熱変形を評価することを試みた。変形解析（構造解析）ではプローブボードの材質（ガラス繊維強化プラスチック）を異方性材料としてモデル化した。その結果、部分によって差はあるものプローブボードの熱変形は測定値と計算結果では同じような変化を示すことがわかった。

1. はじめに

IC産業に関連して各種の機器・装置が利用されている。とりわけICの製造・検査の工程に用いられる各種のIC検査機器や電子ボード類には多くの種類があり、それらの設計・製造が多く行われている。

なかでもICの性能検査には、プローブボードと呼ばれる多数の検査用触針（プローブ）が中央に密集した形で配置された特殊な電子ボードが用いられる。その外観をFig. 1に示す。検査の概略をFig. 2に示す。

現在このプローブボードに関連する作動時の問題として、対向する熱源（ヒータ）から発生する熱によるプローブボードの熱変形がある。この熱変形のため触針位置が上下方向に変化するため、定められたプローブボード全体の接触下降量に対してウェハと触針の接触関係が微妙に変化する。そのため確実なコンタクト状態の確保という点からしばしば検査の不安定な要因となる。

もちろん発生した熱を効果的に排除する装置の併設や、製品筐体の排熱空間の確保なども不可欠である。しかし現在、検査機器の高精度化やコンパクト化の要請が大きいため、上記の熱影響を事前に評価して製品設計に生かせればより合理的である。

本研究ではこのプローブボードを対象に、上記のような稼働時の熱影響による変形を設計時に評価する方法について検討した。

2. 研究内容

IC検査用プローブボードは、稼働時に空気層を隔て

てシリコンウェハ側のヒータによる熱影響（対流熱伝達、熱輻射）を受ける。このためプローブボードの熱変形に

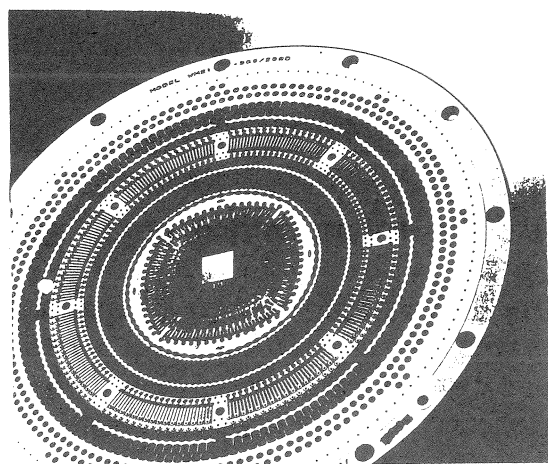


Fig.1 Outlook of a probe board

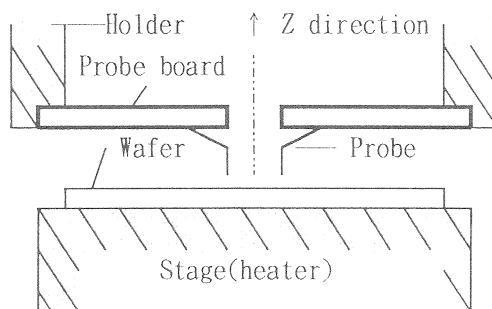


Fig.2 Schematic of the inspection using a probe board

よってプローブ部の Z 方向変位が生じ、触針の接触圧が変化するなど検査時の不安定要因となっている。そのため設計時にシミュレーションでこの変位量などを事前に評価できれば合理的である。

プローブボードの作動時の状況において最も問題となるのは、対象となる熱移動現象が複雑なことである。それは気体と固体及びその相互間の熱移動現象を含んでいることに起因する。さらに結果としてプローブボード（固体）中の温度上昇とその部分的な偏差が、熱膨張と変形を引き起こすと考えられる。

そこで本研究では対象を（１）流体（空気）解析による熱移動、（２）ボード（固体）中の温度分布による変形解析、の２段階モデルにより検討した。なお今回対象としたプローブボードは内径12mm、外径112mm、厚さ3.1mmであり、ヒーターとの距離は2mmとした。

2.1 流体解析

ボードの変形予測のためには、まずボード（固体）中の温度分布を求める必要がある。そのためボードまわりの空気の流れと熱移動についての予測を行う。

プローブボード本体は、ガラス繊維強化プラスチック製の基板上に銅のプリント配線線を配置したものである。しかし体積的にはガラス繊維強化プラスチックが大部分であるため、その熱的物性値はガラス繊維強化プラスチック単体の場合と同じとする。

また対象が円形ボードのため２次元軸対称モデルとする。モデルの上部空間スケールは対象となる検査装置の内部空間程度としたが、形状は簡単のためシンプルなものとする。なお熱的境界条件については、外気との接触部分・ヒータ部分については温度一定条件、境界壁では断熱条件とする。解析に用いたメッシュとその境界条件を Fig. 3 に示す。これによりプローブボードまわりの空気の自然対流による流れを解析する。そして対流熱伝達及び熱輻射による熱の移動と、結果としての固体（ボード）中の温度分布を求める。

2.2 変形解析

上記で得られたプローブボード中の温度分布を熱的拘束条件として与えることで、ボード全体の変形予測を行う。

プローブボードの基板はガラス繊維強化プラスチックが何層か積層した構造をしている。すなわち基板の積層方向（厚さ方向）と平行な方向（半径方向）の物性値が異なる異方性材料としてモデル化する必要がある。利用した材料の物性値を Table 1 に示す。

なお対象が円形ボードのため軸対称モデルとする。そして円板より微小な位相角分を切り出し、対称条件で両

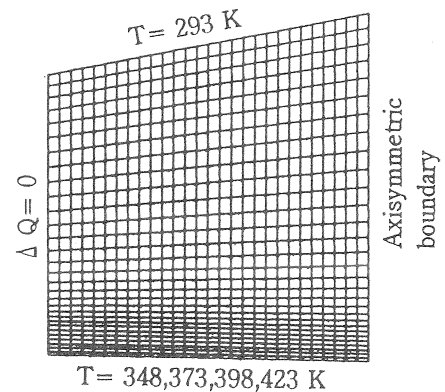


Fig.3 Mesh and boundary conditions

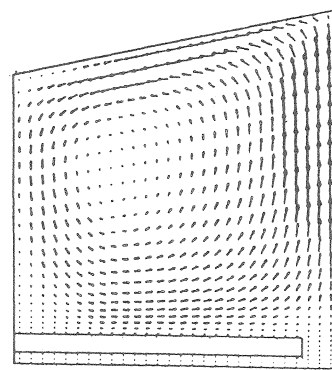


Fig.4 Velocity vectors

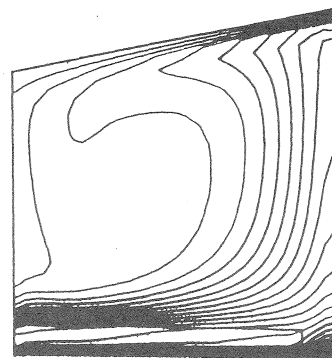


Fig.5 Temperature contour

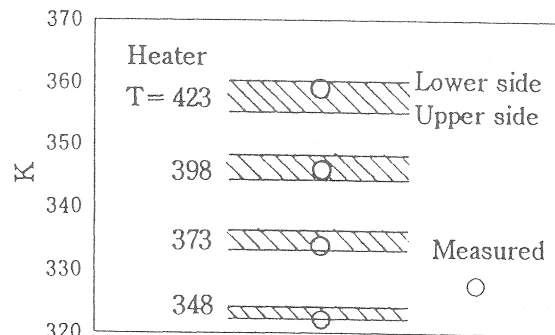


Fig.6 Temperature of both sides of the probe board

側を拘束する。同時に端部を固定端とするとともに上記の熱的拘束条件を与える。

3. 結果

流体解析による結果を Fig. 4 ~ Fig. 6 に示す。Fig. 6 のプローブボード上面の表面温度はサーモグラフィによって測定したものである。ヒータ温度が高くなるほどボードの上面と下面の間の温度差（計算結果）は大きくなる傾向にある。表面温度の計算結果は概ね測定値に合致する傾向にある。そのためこの計算結果（表面温度と上下の温度差）を次の変形解析の熱的拘束条件として利用した。

変形解析による結果を Fig. 7 ~ Fig. 8 に示す。Fig. 8 のプローブボード上面のZ方向変位はレーザ変位計によって測定したものである。ヒータ温度が高くなるほどボードのZ方向変位は+方向（ヒータ側と反対方向）に大きくなっている。計算結果によるボード上面の変形は、熱膨張による全体の膨らみと上下面温度差による曲げ変形の加算されたものになっている。

ボード（上面）中心部（プローブ部）のZ方向変位量及びボード（上面）全体の変形状態については、部分によって大きく差はあるが測定値と計算結果は概ね同様な変化を示す傾向にある。この結果から、適切な物性値の決定により本研究の方法はプローブボードの稼働時の変形評価に利用できる可能性があると考えられる。

測定値のばらつきは用いたレーザ変位計の最小測定単位が十分でないことが関係している。これから測定精度や測定方法について改善していく必要がある。またプローブボード（下面）についても、その温度変化・変位を測定する方法を考慮していく必要がある。

4. 結言

(1) IC検査用電子ボード（プローブボード）の稼働時の変形を設計時に評価する方法について検討し、対象を流体（空気）解析による熱移動とボード（固体）中の温度分布による変形解析の2段階モデルとして解析することを試みた。

(2) 流体解析では空気自然対流による対流熱伝達及び熱輻射による熱の移動の評価が主眼である。変形解析（構造解析）ではプローブボードの材質（ガラス繊維強化プラスチック）を異方性材料としてモデル化することが必要である。

(3) プローブボードの変形は、部分によって差はあるものの測定値と計算結果は同じような変化を示した。この結果から、本研究の方法はプローブボードの変形評価に利用できると思われる。

(4) プローブボードの変位測定については、これから測定精度や測定方法について改善していく必要がある。

Table 1 Material properties used for the analysis (FEM)

direction	X, Y	Z
Modulus of elasticity (Pa)	35×10^9	7×10^9
Thermal expansion rate (1/K)	13×10^{-5}	21×10^{-5}

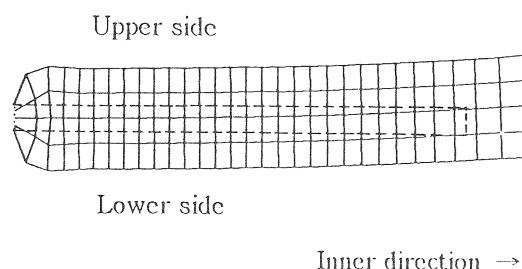


Fig.7 Deformation shape

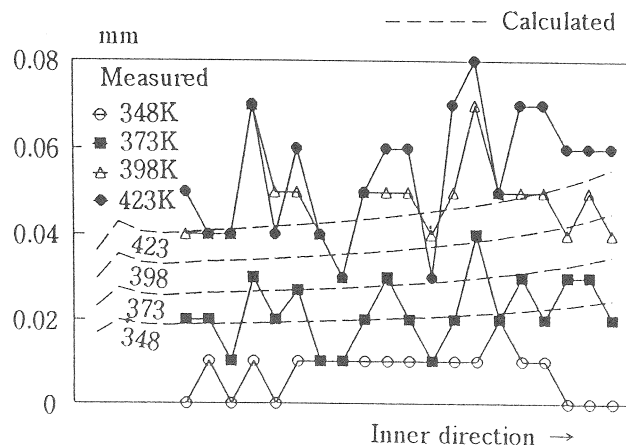


Fig.8 Deformation (Z) of the upper side of the probe board

文献

- 1) 浅野, 熱工学, (1974), 啓学出版
- 2) 伊藤 編, プラスチックデータハンドブック, (1980), 工業調査会