

「産業技術総合研究所・計量標準総合センター」探訪記

平成16年度第2回光科学及び光技術調査委員会（関東）において、産業技術総合研究所が世界最高精度での平面度測定を実現し、平面度標準を供給することが話題となりました。委員会としてこの話題についてまとめようということで、今回この平面度測定システムを開発した独立行政法人産業技術総合研究所・計量標準総合センターを訪れましたので、ご報告したいと思います。計量標準総合センターは、経済産業省・計量研究所が母体となって、独立行政法人化に伴い改組した組織で、計測標準研究部門のもとに15の科と計量標準管理センターからなり、今回訪問させていただいたのは、長さ計測科・幾何標準研究室です。この研究室は、幾何形状・寸法計測、表面性状計測、角度計測、ナノ・ピコメトロロジーなど幾何標準に関する調査・研究を行っています。ここでは、委員会で話題となった平面度標準の供給についてご紹介します。

12インチ（約300mm）の大型シリコンウェハを用いた半導体製品の製造がいよいよ本格的に始まろうとしており、各半導体メーカーは市販の平面度測定機によりシリコンウェハの平面度を測定していますが、測定機自体の測定精度を客観的に評価する方法が確立されておらず、平面度標準の供給が求められていました。ここで紹介する平面度測定機は、このような背景のもと、計量標準総合センターがフジノン株式会社の協力を得て開発した、世界最高精度を有するフィゾー型大口径平面度干渉計測装置です。この装置により、直径約300mmの測定範囲において、10nmの精度で測定対象物体の平面度の測定が可能となります。以下、産業技術総合研究所のホームページ [http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20040322/pr20040322.html] から引用すると、「この精度を例えて言うならば、関東平野の広さに存在する凹凸を3mmの精度で測定することができることに匹敵する極めて高い測定精度である」となり、現時点で他国の国立標準研究所を抜いて世界最高の測定精度を達成しています。

図1は、大口径平面度干渉計測装置の概要を示しています。きわめてシンプルなフィゾー干渉計の配置をとっており、振幅分割された参照面と被測定物体からの反射により生じた等厚干渉縞を測定し、両者間の光路差分布が導き

れます。光源は、安定化 He-Ne レーザーであり、光アイソレーターを通過後、カップラーにより光ファイバーへ結合されます。レーザー光は、ファイバーにより装置本体へ導かれ、2個の顕微鏡レンズを介して光学系へ入射されます。装置本体へ入射するときのレーザー光は垂直な直線偏光状態となるように調整されているので、偏光ビームスプリッター (PBS) ですべて反射されます。その後、1/4 波長板により円偏光となったレーザー光は、F3.1のトリプレットのコリメーターレンズにより、320φの平面波へ変換されます。精度のよい平面波を作り出すため、コリメーターレンズの設計には十分な時間が費やされ、入念な収差補正が行われました。平面波へ変換されたレーザー光は、参照面 (reference) を有する基準板へ入射されます。基準板の下面である参照面と被測定物体 (object) の表面からの反射により生じた干渉光は、もとの光路を戻ります。干渉光は、1/4 波長板により水平な直線偏光状態となり、PBS を通過して上部の CCD カメラへ到達します。CCD カメラは、1024×1024 画素を有し、各画素に入射した光強度が

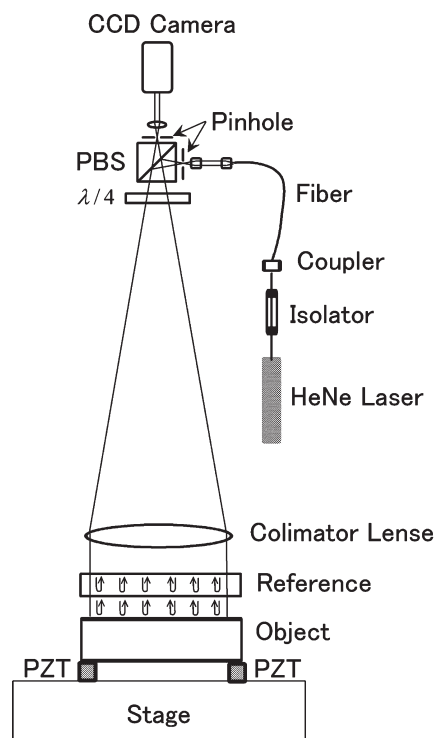


図1 大口径平面度干渉計測装置の概要。

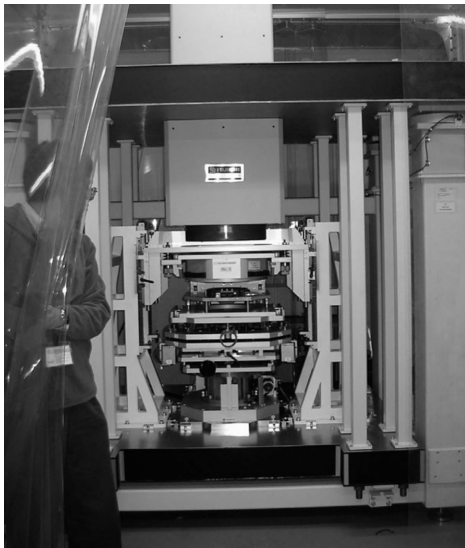


図2 装置本体.

12ビットのデジタル値へ変換されます。基準板を除いて、すべての光学素子には反射防止膜（ARコート）が十分施されており、所望の面以外の反射を抑えるためのさまざまな工夫がなされています。また、基準板の上面は、下面の参照面に対して約10分のウェッジ角がつけられており、ここからの反射光は焦点位置に置いてあるピンホールにより遮られ、CCDカメラに到達できない構造となっています。被測定物体が固定されている台は、2軸のモーターを用いたX-Yステージと回転ステージにより測定物体の位置を調整することができます。さらに3本の静電容量センサーによるポジションフィードバック機能付き piezo素子（FB型PZT）により上下方向に移動でき、干渉縞を位相シフトすることができます。基準板は、安定した参照面形状を保つため、直径350φ、厚さ100mmの合成石英ガラスからできており、1枚で20kg程度の重量を有しています。参照面は高精度に研磨されており、さらに三枚合わせ法により、その絶対形状があらかじめ測定されています。被測定物体の形状は、本装置で測定される光路差分布と参照面の絶対形状データから求めることができます。ここで、三枚合わせ法とは、ほぼ同一な形状を有する3つの試料に対して、2つの試料間の光路差を3つの組み合わせで測定し、そこから試料の絶対形状を求める方法で、他の参照面を必要とせずに自らの形状を決定できる自己校正法のひとつです。実際には、3つの組み合わせで求めることができるのは試料の断面形状であり、二次元の絶対形状を求めるには試料を回転させたときの光路差の測定が必要となり、非常に複雑な計算となります。装置本体は筐体から吊り下げられており（図2）、下からの外部の振動をカットす

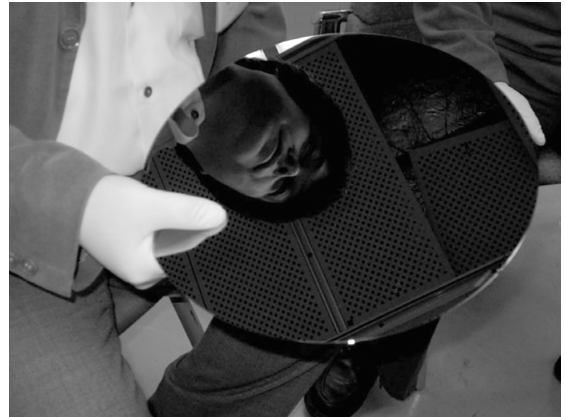


図3 12インチ大型シリコンウェハー.



図4 装置本体にシリコンウェハーを固定.

るとともに、装置全体が一体型として動くので揺れにも強い構造となっています。図3は、直径30cm、厚さ0.8mmの12インチ大型シリコンウェハーで、このウェハーを持っている当委員会委員長の埼玉大学門野氏の顔がきれいに反射しているのがわかります。図4は、この試料を測定するために、本装置の開発責任者である高辻氏が装置本体にシリコンウェハーを固定しているところです。

産業技術総合研究所は、計量標準に関する試験・測定サービスを行っており、今回開発した装置を用いた平面度の依頼試験業務（平面度標準の供給）をすでに開始しています。また、平成17年夏には、平面度測定事業所の審査、認定業務を始め、秋には第一号の認定が行われる予定です。

最後に、研究室への訪問を許可していただき、またさまざまな技術的内容を教えていただいた産業技術総合研究所の計量標準総合センター計測標準研究部門長さ計測科幾何標準研究室・主任研究員の高辻利之博士に、心より感謝いたします。

（能開大 小野寺理文）