

Shack Hartmann 方式波面計測法による鏡面物体の形状計測の精度検証

Accuracy estimation on surface profile measurement of mirror polish surface
using Shack Hartmann method神戸製鋼所¹, コベルコ科研² ○甘中 将人¹, 森本 勉¹, 田原 和彦², 妹尾 和宜²Kobe Steel, Ltd.¹, Kobelco Research Institute, Inc²Masato Kannaka¹, Tsutomu Morimoto¹, Kazuhiko Tahara², Kazuyoshi Senoo²

E-mail: kannaka.masato@kobelco.com

はじめに： 簡便で高精度な波面計測手法である Shack Hartmann 方式（以下 SH 方式）は 1shot の撮像から波面を再現できるため、大型望遠鏡などの大口径光学系で生じる大気ゆらぎや主鏡の変形による雑音を取り除く補償光学用のセンサとして用いられる。一方で測定領域が数 mm のスケールでの形状測定に応用した場合にも、扱いやすさ、時間効率の面で SH 方式の効果を期待できる。今回我々は、SH 方式の波面計算により、鏡面物体の submicron order の精密な凹凸形状を測定し精度評価した結果を報告する。

測定原理： SH 方式はレンズアレイにより波面をレンズ開口ごとに集光し、CCD などの二次元検出器で集光スポット群を撮像する。この集光スポット群は波面の部分傾斜に比例して移動することから波面傾斜分布が得られる。波面傾斜分布を計算機により光線追跡して反射面の傾斜分布を得、これを積分して反射面の形状を再現する。今回測定対象としたものは、シリコンウェハの外縁から 4mm 内側までの曲面である。本試料は設置誤差や反りによる面角度の変化により、撮像面上において 1pixel 以上のレンズ集光点の揺動が生じる。また同測定領域面内に一方向に変化する大きな曲率の傾斜（～数 mrad）を持つため、反射光軸の拡がりによる光量濃淡が生じ、集光点の輝度変化が大きい。この二点について、集光点の輝度分布を理想的なガウス分布としたとき、sub-pixel 重心計算に基づく位置検出誤差を予測し、測定面において $0.004 \mu\text{m}/\text{lens pitch}$ の測定誤差を見積もった。

実験結果： 図 1 に示す測定系を用いて本試料の面形状を測定した。コリメート光源を用い、試料面で反射する光を SH 方式の波面計測手段で受光する光学系を構成している。波面計測手段はレンズアレイ（ $150 \mu\text{m}$ pitch、 $f=5.6\text{mm}$ ）と CCD カメラ（pixel size $4.4 \mu\text{m}$ ）で構成した。観測した波面をもとに、光線追跡し、反射面の断面（ウェハの半径方向）形状を再現した。一次の傾きを除いた測定結果を図 2 に示す。比較のため同試料の断面形状を光干渉方式の測定手段を用いて測定したところ、波面計測値から算出される値と $0.02 \mu\text{m}$ 以下で一致した。本実験結果には、レンズアレイの加工精度、集光スポット形状などによる誤差が含まれると考えられ、今後、これらの影響の検証と補正による精度向上の検討を進めていく。

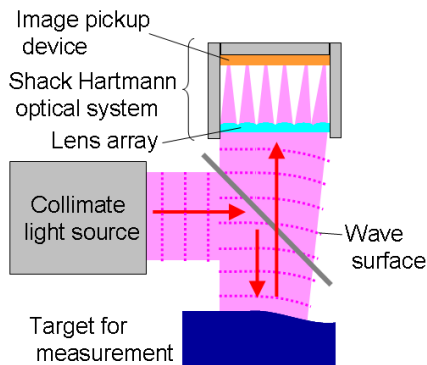


Fig.1: Setup of the experiment system

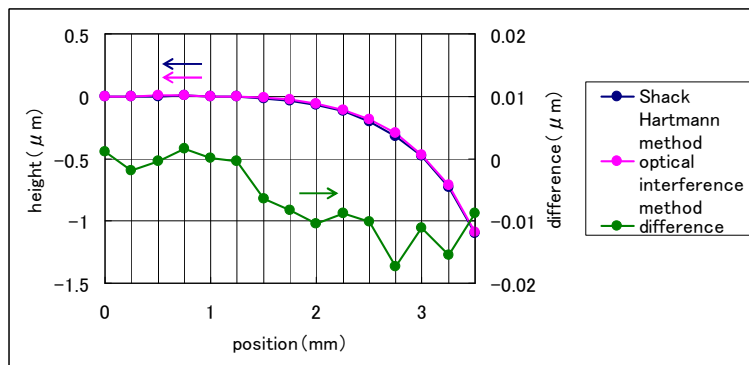


Fig.2: Comparison with other measurement method