

## 技術紹介

SP-500技術資料 No.2c

## 位相シフト干渉法による表面形状測定

Technology of Phase-Shift Interferometry

## ● 概要

1. 干渉計内参照光と測定光間に複数の位相差を与えた時の干渉光の強度変化を測定することにより、参照光と測定光の位相差 $\phi$ を算出する。
2. 測定光の波長 $\lambda$ 、および位相差 $\phi$ から各点の高さ $h$ が次式より求められる。  
$$h = (\lambda / 4\pi) \cdot \phi$$
3. 本方法で求められる位相差には、 $2\pi N$  ( $N$ は整数)の任意性があるので、高さが連続的に変化しているという仮定を用いて位相接続(アンラッピング)処理を行う。
4. よって、ガラス面、フィルム面、ヘッド浮上面など、高さレンジが数 $\mu\text{m}$ 以下の平滑な面を精密に測定する場合に最適である。
5. SP-500では、次のアルゴリズムが用意され、切り替えて使用可能である。

・ステップ数: 4ステップ法  
5ステップ法  
7ステップ法  
Nステップ法

・位相接続: 近傍接続法  
MST(Minimum Spanning Tree)法  
(MST法は、理化学研究所 光工学研究室加藤純一先生のご指導とソースプログラムのご提供による)

## ● 原理

測定対象の表面から反射された光と、参照面からの反射光による干渉を考える。両者の光の位相差を $\phi$ とし、参照面からの高さを $h$ とすると、 $\phi = 4\pi h / \lambda$  である。

位相シフト干渉法では、干渉顕微鏡内の参照面を piezo 素子 (PZT) により駆動し、参照光路を既知量だけ変化させた時に得られる複数個の干渉画像から位相差 $\phi$ を計算し、さらに高さ $h$ に換算する。

理論的には最低3枚の画像が良いが、一般には計算が簡単な4ステップ法が用いられる。この方法では、位相シフト量単位を $\pi / 2$ とし、 $0$ 、 $(1/2)\pi$ 、 $\pi$ 、 $(3/2)\pi$ の4回変化させる。これは、光源の波長が $\lambda$ の場合、 $0$ 、 $(1/8)\lambda$ 、 $(1/4)\lambda$ 、 $(3/8)\lambda$ の移動を意味する。この時の干渉光強度をそれぞれ $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ とすると、位相 $\phi$ は次式のような簡単な式になる。

$$\phi = \tan^{-1}[(a - c) / (b - d)]$$

本方法で求められる位相差には、 $2\pi N$  ( $N$ は整数)の任意性があるので、高さが連続的に変化しているという仮定を用いて位相接続(アンラッピング)処理を行う。

位相接続法には多くのアルゴリズムがあるが、最も単純な「近傍接続法」と、計算時間はかかるが

非常にロバストな「MST(Minimum Spanning Tree)法」が用意されている。

## ● 特徴

1. サブナノメートルオーダーの高さ分解能がある。
2. 4～5枚の画像を取り込むだけで、画面内の全点の高さ測定が1秒以内に可能である。
3. 場所による反射率の変化に無関係に測定できる。
4. 位相から高さに換算する時に、位相接続(アンラッピング)が必要であるので、測定対象が波長に比べ十分平滑な面に限定される。

## ● 測定例

### 1. 凹レンズ面

結果を図1、図2に示す。表面形状がnmオーダーで計測されている。

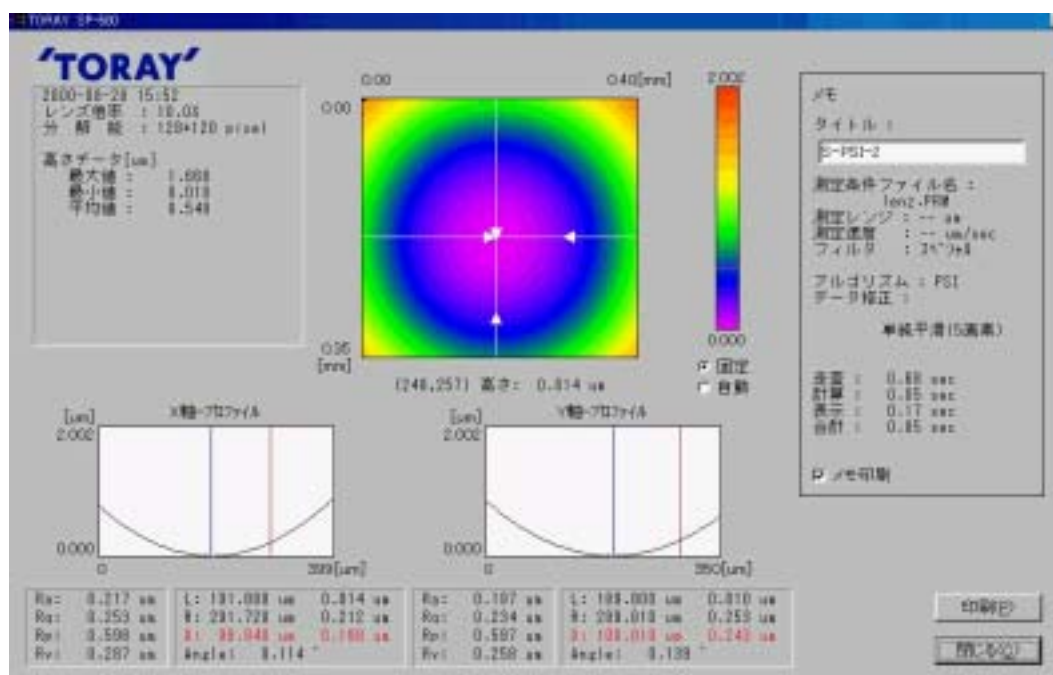


図1 凹レンズ表面測定結果

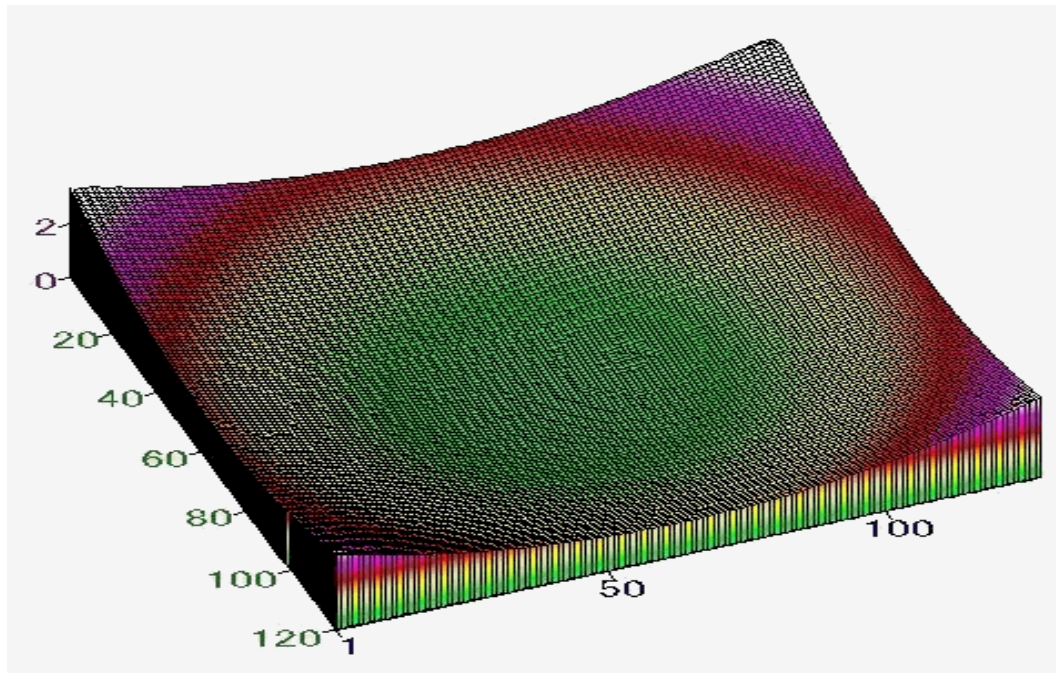


図2 凹レンズ表面測定結果(3D表示)

(2)ハードディスク基板の表面粗さ

結果を図3、図4に示す。サブnmの表面凹凸が計測されている。

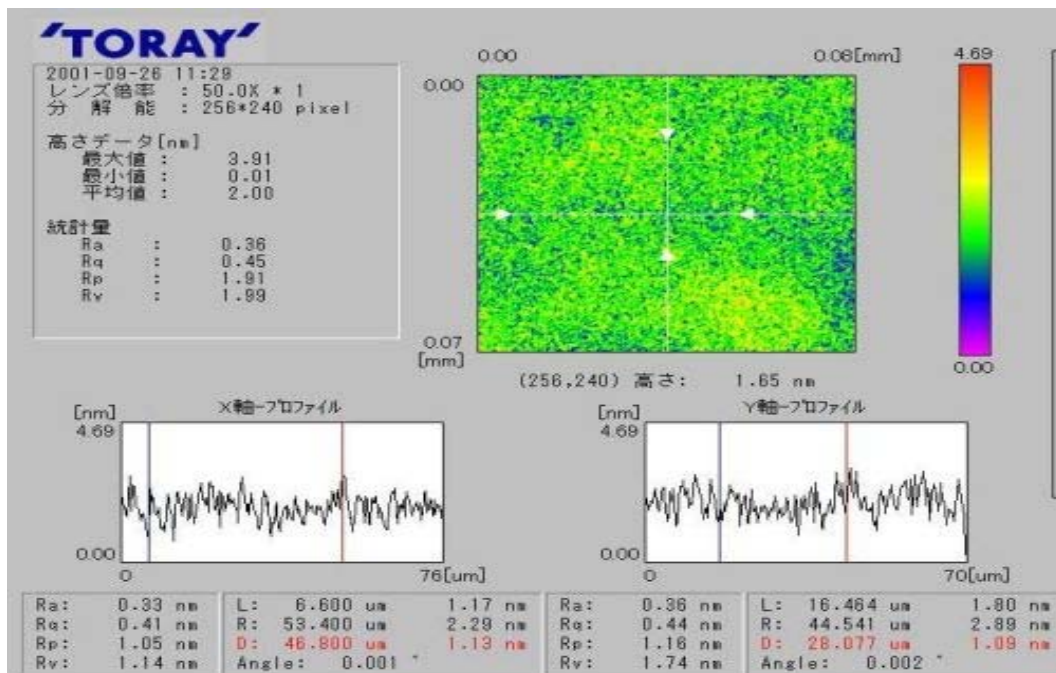


図3 ハードディスク基板表面粗さ測定結果

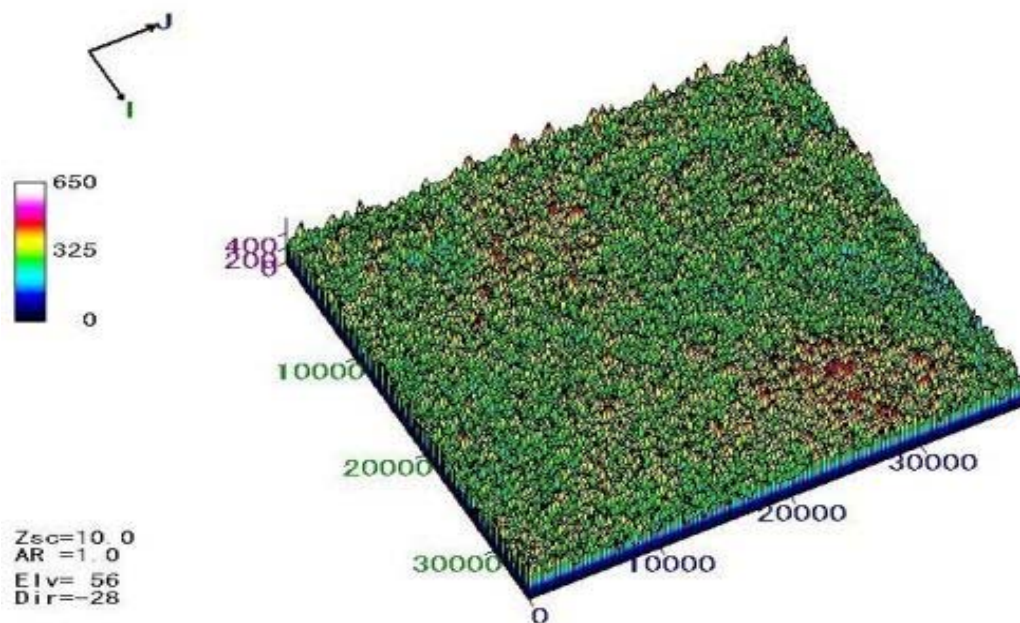


図4 ハードディスク基板表面粗さ測定結果 (3D表示)

## ● 関連製品と技術紹介ページ

[表面形状測定装置 SP-500 \(Surface Profiler\)](#)

[バンプ検査装置 SP-500B \(Wafer Bump Inspection System\)](#)

[3Dミュージアム\(表面形状測定例\) \(3D Museum by Surface Profiler\)](#)

● 問い合わせ(営業窓口) : [torayins@mx.scn.tv](mailto:torayins@mx.scn.tv)  
 〒520-2141 滋賀県大津市大江1丁目1番45号  
 東レエンジニアリング(株)エレクトロニクス事業本部ディスプレイシステム営業部 MED課  
 Tel:(077)544-1635 Fax:(077)544-6091  
<http://www.scn.tv/corp/torayins/>