

ウェーブレット変換を用いた低コヒーレンス段差形状計測

◎渥美 諭、鈴木 孝昌 (新潟大学大学院 自然科学研究科)

佐々木 修己、崔 森悦 (新潟大学 工学部)

1. はじめに

近年、電子部品の小型化に伴い、微小距離の測定や高精度な加工測定が要求されている。従来では、高コヒーレンス光を用いるのが一般的であったが、これは光の位相差によって距離測定を行うものであり、半波長を越える距離の測定ができなかった。一方、低コヒーレンス光を用いる方法は、位相を使わずに干渉信号の光強度を使って距離測定を行うため、半波長以上の距離測定も可能である。また、この低コヒーレンス光を用いたシステムは、測定物体の素材や表面の状態に左右されず、スペックルノイズも少ない測定を可能とする。¹⁾ また、ウェーブレット変換による計算を行うことで、正確な干渉信号の計測が可能となる。本研究では低コヒーレンス光を光源とし、光路差変位に伴う干渉信号の強度分布を用いて、表面形状を計測するシステムの構築を目的とする。

2. 原理

低コヒーレンス光は、同じ光路差の光が重ね合わさったときに干渉信号の振幅が最大となり、光路差が大きくなるにつれ振幅は小さくなる。この干渉信号の振幅と光路差の関係を用いて、物体の表面形状を計測することができる。また、ウェーブレット変換は孤立波形を基底関数とし、周波数と時間を変化させて相関をとることができる。そのため、周波数と時間領域を特定することができるので、干渉信号の最大出力の位置を求めることができる。

3. 実験方法

図 1 に、実験装置の構成を示す。低コヒーレンス光源であるスーパーミネッセントダイオード (SLD) から出た光を、レンズ (L) により平行光とし、ビームスプリッタ (BS) で二分する。それぞれの光はミラー、物体で垂直反射し、再び BS 上で重なり合せて、CCD カメラ上で干渉する。PZT (伸縮率 $17 \mu\text{m}/150\text{V}$) には、発振器より 0.5Hz の三角波を入力し、ミラーをゆっくり前後に移動させる。また、発振器のパルス信号をパソコンのビデオボードに入力し、CCD の撮影開始のトリガ信号とする。厚さ 1.00mm のゲージブロック A と 1.01mm のゲージブロック B を並べ、段差 $10 \mu\text{m}$ をもつ物体を用意した。CCD カメラでは一秒間に 1000 枚の画像を撮影し、画素ごとに時間軸方向に信号を展開した。この時間信号から輝度の最大値を求め、参照面と物体面の光学的位置が一致する時刻を求めると、参照面の位置情報から物体面の位置が特定できる。画像の輝度が最大になるとき、干渉信号の振幅も最大となる。輝度の最大値は、MATLAB 上でウェーブレット変換により求めた。

次に、位相シフト法を用いてブロックの表面形状を測定した。SLD の波長は 830nm より、 415nm ミラーを移動させると位相が 2π ずれる。よって、PZT に約 3.7V の電圧を印加し、ミラーを 415nm 移動させる。CCD カメラでは、1 秒間に 4 枚の画像を撮影し、位相が $\pi/2$ ずつずれる画像を 4 枚取得する。その画像を元に MATLAB 上で位相シフト法により、表面形状を求めた。

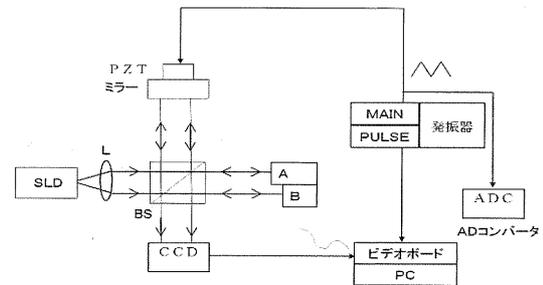


図 1 実験装置

4. 実験結果

ウェーブレット変換によって計算した段差形状は図 2 のようになり、段差は $11.17 \mu\text{m}$ となった。実際の段差 $10 \mu\text{m}$ との誤差は、PZT の伸縮特性がヒステリシスを持つことによるものと考えられる。また、図 2 左側の面について、ウェーブレット変換により求めた表面形状と位相シフト法により求めた表面形状を比較した結果を図 3 に示す。2 つの形状はほぼ同じ周期を持っており、本手法によって、表面形状を含む段差形状を正確に求められることがわかった。

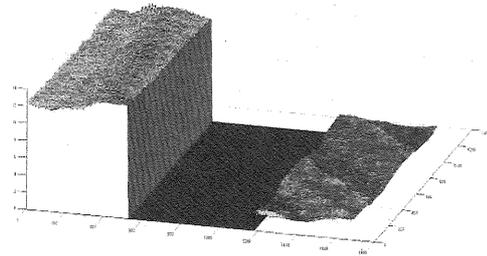
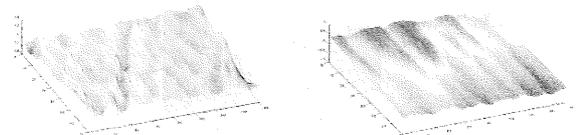


図 2 ウェーブレット変換により求めた段差形状



(a)ウェーブレット変換により求めた表面形状 (b)位相シフト法により求めた表面形状

図 3 2 種類の方法により求めた表面形状

5. まとめ

SLD を用いて、低コヒーレンス干渉計を構成し、ウェーブレット変換による信号処理を行って、二次元の表面形状計測を行った。また、位相シフト法による表面形状計測を行い、ウェーブレット変換による表面形状との比較を行った。その結果、本手法によって正確な表面形状が測定できることがわかった。

参考文献

1. 三浦龍大 新潟大学工学部電気電子工学科 平成 20 年度卒業論文