

正弦波位相変調を用いる格子干渉計に関する研究

徐 彦 徳*

Study on grating interferometers using sinusoidal phase modulation

by Yande XU

本論文では、回折格子を用いた干渉計すなわち格子干渉計の構成方法とその干渉計による測定結果について述べている。格子干渉計においても、高い測定精度を得るためには、干渉信号の位相に時間的变化を与える必要があり、本論文では正弦波位相変調を用いる。従来から広く用いられている、トワイマン・グリーン干渉計やフィゾー干渉計に比較し、光波長以上に大きく変化している形状分布を測定するために、格子干渉計が使用される。本論文では、1枚の回折格子を用いた干渉計による段差幅測定、2枚の回折格子を用いた干渉計による円筒形状の直径測定と表面形状測定について、それぞれの干渉計の特徴、有用性を明らかにしている。

本論文の各章ごとの内容は以下のとおりである。

第1章において、従来からの光波長を基準として用いる干渉計の特性を述べた後、回折格子を用いる干渉計の必要性を説明し、本論文で述べる新しい格子干渉計の位置付け、特性を説明している。

第2章において、本論文で必要となる回折格子による干渉パターンの生成について詳しく説明している。また、回折格子の正弦波振動によって回折光に正弦波位相変調を与え、その結果得られる干渉縞パターンの強度変化を正弦波位相変調干渉法によって演算処理することから、干渉縞パターンの光場の位相分布を求める方法について説明している。

第3章において、1つの回折格子を用いた干渉計で段差形状高さを測定する方法を提案している。回

折格子によって作られる干渉縞パターンを段差形状を有する物体に照射し、+1次と-1次の回折光による反射光成分だけをアフォーカル結像系で取り出し、その結果得られた光場の位相分布を正弦波位相変調干渉法によって求めることから、段差形状高さを測定している。回折格子の周期は $100\mu\text{m}$ であり、3.5インチデスクの媒質の厚さ $73\mu\text{m}$ を、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の誤差で測定している。

第4章において、2つの回折格子を用いた干渉計で円筒直径を測定する方法を提案している。同じ周期の2つの回折格子を接近させ、1つの回折格子を傾けることによって任意の周期をもつ干渉パターンを発生させることができる。周期 $100\mu\text{m}$ の回折格子の1つを 9.5 度傾けることによって 7.2mm の干渉縞パターンを発生させ、この干渉パターンを $M4 \times 0.7\text{mm}$ のハンドタップの円筒形状物体に照射し、アフォーカル結像系で円筒形状の断面形状の像を得た。この像の光位相分布を求めることによって、円筒形状の最大直径 4.0mm と最小直径 3.0mm を $6\mu\text{m}$ 程度の誤差で測定した。

第5章において、2つの回折格子を用いた干渉計で表面形状を測定する方法を提案している。周期 $100\mu\text{m}$ の回折格子で作られた干渉パターンを測定物体表面に照射し、+1次と-1次の回折光による反射光成分だけをアフォーカル結像系で取り出し、 $1/10$ に縮小された物体表面の像を得る。この像に周期 $10\mu\text{m}$ の2つめの回折格子を置き、0次方向に回

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 帰国 (中国)

[新潟大学博士 (工学) 平成16年9月30日授与]

折された光によって CCD イメージセンサ上に 1/40 に縮小された物体表面の像を得る。2 つめの回折格子を正弦波振動させ、像の光場の位相分布を求めることによって、深さ $15\mu\text{m}$ 程度の凹面状の表面形状および $40\mu\text{m}$ 程度の段差幅をもつ形状を $0.3\mu\text{m}$ 以下の誤差で求めた。干渉信号の位相によって検出される測定物体表面の位置の大きさは、測定物体表面とアフォーカル結像系の配置に依存することを明らかにしている。また、本干渉計では、結像系において収差が生じるため測定領域が直径 30mm 程度となること、および回折光を選択的に取り出すため、干渉パターンの周期方向に沿っての物体表面の傾斜

の大きさが制限されることを明らかにしている。

第 4 章において、本論文で提案した格子干渉計の結果をまとめており、格子干渉計について以下の特徴を述べている。格子干渉計では、格子の周期が測定の基準となるため、光源の光波長の変動による影響はない。格子の周期によって測定範囲が決るため、数 $10\mu\text{m}$ 程度以上の測定範囲を任意に設定できる。回折格子による干渉パターンを用いるため、干渉する 2 つの光の経路は大きく離れないことから、機械的振動に強い干渉計となっている。正弦波位相変調を容易に取り入れることができ、正確な位相測定が行われている。