

ふりがな	ジョ イェントア
氏名	徐 彦徳
学位	博士(工学)
学位記番号	新大院博(工)第183号
学位授与の日付	平成16年9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
博士論文名	Study on Grating interferometers using sinusoidal phase modulation (正弦波位相変調を用いる格子干渉計に関する研究)

論文審査委員	主査 教授 佐々木 修己
	副査 教授 関根 征士
	副査 教授 佐藤 孝
	副査 教授 加藤 景三
	副査 助教授 鈴木 孝昌

#### 博士論文の要旨

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の特性および測定結果について論じている。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。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変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ている。

第1章では、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章では、本論文で取り上げてい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る方法について説明している。正弦波位相変調された干渉縞パターンの強度変化を検出し、正弦波位相変調干渉法による演算処理を行うことによって干渉縞パターンの光場の位相分布を求める方法を明らかにしている。

第3章では、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測定物体に照射し、+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インチデスクの円板媒質の厚さ  $73\mu\text{m}$  を  $0.5\mu\text{m}$  以下の誤差で測定している。

第4章では、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。この像の上に周期 $10\mu\text{m}$ 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 $30\text{mm}$ 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5章では、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 $7.2\text{mm}$ 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 $4.0\text{mm}$ と最小直径 $3.0\text{mm}$ を $6\mu\text{m}$ 程度の誤差で測定した。

第6章では、本論文で提案した格子干渉計の結果を総括し、従来の光波長を基準とする干渉計に対し、格子干渉計の特徴・有用性を明らかにしている。

## 審査結果の要旨

本論文は、従来の干渉計では測定不可能な大きな形状変化を有する測定対象に適用できる干渉計を構築することを目的とし、回折格子を用いた干渉計の構成方法を論じたものである。

1枚の回折格子を用いる干渉計と2枚の回折格子を用いる干渉計の特性の差異を詳細に解析すると同時に、高精度測定に不可欠な正弦波位相変調を取り入れる方法を明確にしている。それぞれの干渉計の特性を活かし、実際の測定対象に最適な干渉計を提案している。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表面形状測定および円筒形状の直径測定を行い、提案されたそれぞれの干渉計の特徴・有用性を明確に示している。

本論文で提案した格子干渉計の特性を総括して、以下のように結論付けている。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である。正弦波位相変調を容易に取り入れることができるため、正確な位相測定が行われる。

以上のように構築された創造性・新規性に富んだ格子干渉計は、レーザ干渉計の適用範囲を著しく拡大するものであり、精密加工技術の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の論文として十分であると認定した。