The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	高精度真直度測定法とその平面度測定への応用に関する研究
Author(s)	打越, 純一
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45998
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名　打　越　純　一（うち　こし　じゅん　いち）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　18924　号

学位授与年月日　平成16年5月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第2項該当

学位論文名　**高精度真直度測定法とその平面度測定への応用に関する研究**

論文審査委員　（主査）
教　授　森田　瑞穂

（副査）
教　授　芳井　熊安　　教　授　片岡　俊彦　　教　授　安武　　潔
教　授　山内　和人　　教　授　広瀬喜久治　　教　授　青野　正和
教　授　遠藤　勝義

論文内容の要旨

本論文は、7章より構成されている。

第1章は、序論であり、真直度測定と平面度測定の重要性について述べた。

第2章では、レーザービーム直線基準を用いた真直度測定法の原理について述べた。直線基準としてのレーザービームの中心と移動テーブルに置いた検出器の中心が常に一致するようにピエゾアクチュエータで追尾することで、検出器はテーブルの運動誤差に関係なくレーザービームに沿って直進する。検出器と同じ部分に取り付けた変位計も直進運動するので高精度真直度測定することができる。この原理に基づいて、検出器の分解能が±1 nm の直進運動ステージを実現した。

第3章では、レーザービームを直線基準として用いるために、低熱膨張材料で構成した方向安定化レーザーを開発し、光路を真空にして方向安定化を図った。レーザービーム直線基準を用いてオプティカルフラットの真直度測定を行った結果、10 nm の確からしさを得た。

第4章では、干渉計を用いた3面合わせ法により3枚のオプティカルフラットの中心線の真直度測定を行った結果、各面の絶対真直度の確からしさの最大最小高さ（PV 値）5 nm を得た。

第5章では、レーザービーム直線基準または3面合わせ法で得られた直線形状を基に、これらを組み合わせて平面を合成する3交点基準法を提案した。この方法は、3直線を交差させて得られる3交点を平面に置いて3直線全ての座標を決定し、次に、この3直線の内2直線と新たな1本の直線を交差させて得られる2交点を重ね、これらの操作を繰り返して平面を合成するもので、確からしさ 1 nm を得た。

第6章では、シリコンミラーの平面度測定を行うため、シリコンに対して透明な波長 1315 nm の近赤外半導体レーザーを光源とし、受光器を近赤外 CCD カメラとした近赤外位相シフトフィゾー干渉計を開発した。シリコンは反射率が高く、そのままでは多光束干渉となるため、2光束干渉に近づけるために、試料に反射防止膜として酸化膜を形成して干渉縞歪みを抑制した。また、光源の半導体レーザーが部分コヒーレント光であり、コントラストがキャビティー長と共に低下する点に着目し、キャビティー長を適切な長さにすることによって、理想に近い2光束干渉を実現した。その結果、干渉計の測定再現性として $\lambda/200$ 以下の PV 値 6.38 nm を得た。

第7章では、各章で得られた結論を総括した。

論文審査の結果の要旨

ナノメートルレベルの極めて高い表面形状精度を有する機器要素の実現に向けて、高精度加工された加工面を評価する形状測定法の研究が進められている。しかし、これまでの基準面形状からの偏差を測定する方法は、測定精度が基準面の形状精度に依存するという根本的な欠点を有している。このため、基準面を用いない形状測定や、基準面の絶対形状測定を行うことによって高精度化を図ることが、先端機器要素の実現とこれらを用いた科学技術の発展に不可欠となってきている。本論文は、表面形状測定の高精度化に伴う精度上の種々の課題に対して精度決定要因の定量的評価を行い、真直度測定法や平面度測定法を開発してきた成果をとりまとめたもので、その主な成果は次の通りである。

(1)レーザービームを直線基準として用いて、レーザービームの中心と移動テーブルに置いた検出器の中心が常に一致するようにピエゾアクチュエータで追尾し、変位計も同様に直進運動する手法を提案し、この原理に基づいて検出器の分解能が±1 nm の直進運動ステージを構築している。

(2)低熱膨張材料で構成した方向安定化レーザーを開発し、光路を真空にして方向安定性を高めることにより、レーザービーム直線基準を用いたオプティカルフラットの真直度測定において、10 nm の確からしさを実現している。

(3)精度決定環境要因を精密制御し、干渉計を用いた３面合わせ法による３枚のオプティカルフラットの中心線の真直度測定において、各面の絶対真直度の確からしさの最大最小高さ（PV 値）5 nm を実証している。

(4)３面合わせ法で得られる直線形状を組み合わせて平面を合成する３交点基準法を提案し、この方法によるオプティカルフラットの平面度測定において、確からしさ 1 nm を実現している。

(5)シリコンミラーの平面度測定を行うため、近赤外位相シフトフィゾー干渉計を開発し、試料に反射防止膜として酸化膜を形成する手法や、光路差を最適化する手法により干渉縞歪みを抑制して、干渉計の測定再現性として $\lambda/200$ より良い 6.38 nm（PV 値）を得ている。

以上のように、本論文は、新しい真直度および平面度測定法を開発し、これまで要求精度に対して測定精度が不十分であった平面の表面形状測定に関する多くの知見を与えており精密工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。