

最近の技術から

オンマシン計測用ゾーンプレート干渉計

野村 俊

富山県立大学工学部 〒939-03 富山県射水郡小杉町黒河

1. ま え が き

ダイヤモンドバイトによる鏡面加工の発達によって、各種形状の金属鏡が簡単に製作されるようになってきた。このような金属鏡の形状精度を干渉計で測定する場合、加工物を加工現場から測定室内に持ち込んで測定を行い、所要の精度に達していなければ持ち帰って再加工を行うことが一般的である。しかし、加工物の保持条件や温度差など環境条件が加工時と異なることが多く、適切な再加工の条件を求めることが困難になる。加工物の要求精度が高く、しかもサイズが大きい場合に、このような問題はより一層重要になる。このような理由から、超精密加工の分野では、加工現場で工作機械に加工物を取り付けたまま測定できる干渉計が必要とされ始めている。ゾーンプレート干渉計は、外部からの振動の影響を受け難い特長があり、天体望遠鏡などのミラーの測定に使用されている¹⁻⁶⁾。この外乱に強い特長を活かして、オンマシン計測用ゾーンプレート干渉計を開発したので紹介する。

2. ゾーンプレート干渉計の原理

ゾーンプレート干渉計には、ゾーンプレートと呼ばれる同心円状の回折格子が使用される。図1に示すように、測定面の中心Oに収束するようにゾーンプレートに照明光を入射させると、照明光はそのまま透過する光と回折光とに分かれる。ここでは、-1次回折光が測定面に垂直に入射するように作られたゾーンプレートの場合を説明する。照明光のうちA点を通る透過光が測定面の中心Oで反射し、ゾーンプレート上Bに入射して、Eの方向に+1次回折光として進む。この(0,+1)回折光の波面は、設計形状の波面を再生するため、参照波面として用いることができる。一方、ゾーンプレート上で光軸に対しAと対称のBに入射した照明光のうち、-1次の回折光は、ミラーの曲率中心を通り、測定面上Cに入射する。この光は測定面に垂直に入射し、反射した後同一光路を戻り、Bを通過してE方向に進む透過光とな

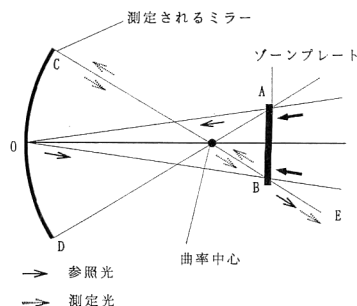


図1 ゾーンプレート干渉計の原理図

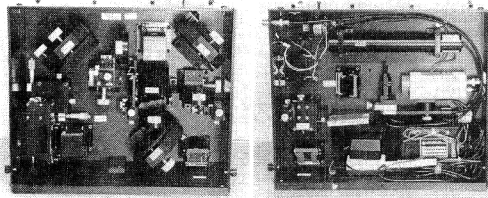
る。この(-1,0)回折光は測定波面となる。もし測定面にわずかな形状誤差があれば、反射した測定波面は理想面からの形状誤差の2倍に相当する変形を受け、参照波面との干渉により形状誤差を表す干渉縞が現れる。

ゾーンプレート干渉計は、参照面が測定面上にあるため、外部からの振動が多少あっても測定面と参照面が同じ方向に動くため、光路差が相殺されて干渉縞のゆらぎは少ない。また、測定光路と参照光路がほぼ同じ空間を通過するため、空気の擾乱に影響され難い。

3. オンマシン計測用ゾーンプレート干渉計

3.1 構造

干渉計の写真を図2(a),(b)に示す。干渉部と光源・観測部を左右2面に分けて、加工機に搭載できる大きさ(390×240×325 mm)に小型化した。正確な測定を行うためには、光軸とゾーンプレートの中心とを正確に一致させなければならない。本装置には、簡単にこの調整ができる機能がある。干渉計内の移動ミラーを上げることによって、二光束干渉縞がゾーンプレート面上にでき、この干渉縞とゾーンプレートの回折格子がモアレ縞を作る。干渉計の開口部にモアレ観測用装置を挿入することによって、このモアレ縞が観測できる。同心円状の縞になるようにゾーンプレートの位置を調整することによって、正確な配置になる。ゾーンプレート干渉縞を観測するときには、このミラーを下げればよい。光源には0.5



(a) 干渉部側 (b) 光源・観測部側
図2 オンマシン計測用ゾーンプレート干渉計

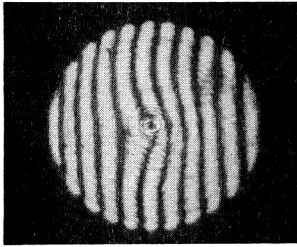


図3 ゾーンプレート干渉縞

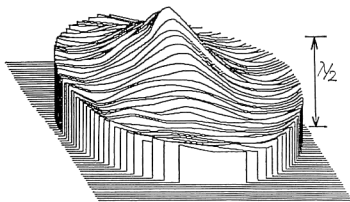


図4 ミラーの形状誤差

mW 出力の He-Ne レーザーを使用している。ゾーンプレートには、マイクロプロッターによって描画したオリジナル格子を写真乾板に縮小撮影した物を用いている。

3.2 干渉縞の解析方法

非共通光路干渉計であれば、参照面あるいは測定面を光軸方向に微小移動させる位相シフト法を用いることができる⁷⁾。しかし、ゾーンプレート干渉計では、参照位置が測定面上にあるため、この方法を用いることは困難である。これに代わるものとして、干渉縞にキャリア成分をのせて解析するフーリエ変換法⁸⁾などが適用できる。

3.3 オンマシン干渉測定

曲率半径 140 mm, 直径 30 mm の金属球面ミラーを 900 rpm で回転させて干渉縞の測定を行ったところ、回転中にもかかわらず干渉縞は安定して観測された。観測されたミラーの直径は 10 mm である。図3に干渉計を測定面に対して平行に移動したときの干渉縞を示す。この干渉は、設計形状の波面と実際の測定表面からの波面とのシアリングに相当する。中心部分に凸の形状誤差の

ある球面ミラーを用いたため、歪のある干渉縞が見られる。図4にミラーの形状誤差の解析結果を示す⁹⁾。

4. 結 び

本装置の開発研究は、精密工学会の産学協同研究協議会、超精密切削加工金属鏡のインプロセス計測と加工制御研究協力分科会の一部門で行われたものである。ゾーンプレートの製作方法は、その後、縮小撮影法に代わって電子ビーム描画法を採用した。しかし、特殊な装置が必要のため、現在では、短時間に安価で簡単にゾーンプレートを製作できるレーザービーム描画装置を開発してこれを使用している。また、干渉計もその後改良され、現在ではFナンバー1.4まで測定可能である。さらに、より小型・軽量で、Fナンバー1以下のミラーを測定できるゾーンプレート干渉計の開発を計画している。

ゾーンプレート干渉計は、空気の擾乱に強く、振動の影響を受け難い特長がある。また、球面のみならず非球面の測定にも使用できる。現在は球面の基準原器としてニュートンゲージが用いられているが、ゾーンプレート干渉計が、将来ニュートンゲージの代わりとなることが期待される。

文 献

- 1) M.V.R.K. Murty: "Common-path interferometer using Fresnel zone plate," J. Opt. Soc. Am., **53** (1963) 568-570.
- 2) R.N. Smartt: "Zone plate interferometer," Appl. Opt., **13** (1974) 1093-1099.
- 3) N. Ohyama, I. Yamaguchi, I. Ichimura, T. Honda and J. Tsujiuchi: "A dynamic zone-plate interferometer for measuring aspherical surfaces," Opt. Commun., **54** (1985) 257-261.
- 4) N. Ohyama, I. Ichimura, I. Yamaguchi, T. Honda and J. Tsujiuchi: "The dynamic zone-plate interferometer for measuring aspherical surfaces," Opt. Commun., **56** (1986) 369-373.
- 5) 中島一敏, 谷川英夫, 松浦 茂: "非球面検査のためのゾーンプレート・コモンパス干渉計," 光学, **10** (1981) 174-183.
- 6) 中島一敏: "非球面検査のためのゾーンプレート干渉計—基本三構成モードの特性および精度解析," 光学, **14** (1985) 365-376.
- 7) J.H. Bruning, D.H. Herriot, J.E. Gallagher, D.P. Posenfield, A.D. White and D.J. Brangaccio: "Digital wavefront measuring interferometer for testing optical surfaces and lens," Appl. Opt., **13** (1974) 2693-2703.
- 8) 武田光夫: "サブフリンジ干渉計測基礎論," 光学, **13** (1984) 55-65.
- 9) T. Nomura, H. Miyashiro, K. Kamiya, K. Yoshikawa, H. Tashiro, M. Suzuki, M. Usuki and F. Kobayashi: "Shape measurement of workpiece surface with zone-plate interferometer during machine running," J. Am. Soc. Precis. Eng., **15** (1993) 86-92.

(1993年9月3日受理)