

最近の技術から

ゾーンプレート干渉計による非球面の絶対形状測定

橋本 清文・佐藤 彰

ミノルタカメラ(株)高槻研究所光技術部 〒569 高槻市桜町 1-2

1. ま え が き

非球面の形状測定方法としては、触針法、ホログラフを用いた干渉測定法等さまざまな方法が提案されている。われわれも従来より、MZP(マスターゾーンプレート)と呼ばれるホログラムの一種を市販の干渉計に取り付ける簡易な構成で、非球面の全面を非接触で測定可能な干渉測定法を製造現場等で用いてきた。しかしながら、従来の方法では被検面の絶対形状を特定できないという課題を抱えていた。ここでは、課題を解決するために開発された2波面 MZP について紹介する。

2. ゾーンプレート干渉測定法と絶対形状計測

ゾーンプレート干渉計は、通常の球面測定用の干渉計で球面波を発生する基準レンズの代わりに、非球面波を発生する MZP を配置して非球面形状を測定する干渉計である。図1の干渉計の構成図に示すように、MZP は通常の基準レンズと同様に、測定対象の非球面の直前に配置される。干渉計からのコリメート光は MZP で回折され、そのとき発生する非球面波は被検面上の各部においてほぼ垂直に入射し反射される。反射された波面は再び MZP で回折されてもと来た経路をたどり、MZP の基板面で反射された参照波面と干渉する。

従来の測定方法では、被検面のセッティングは干渉縞の形状をモニターで観察しながら行われるため、セッティング終了時の被検面と MZP との距離(セッティング距離)は設計値どおりとなっている保証はない。セッティング距離の誤差は、被検面が球面の場合にはその曲率に影響するだけであるが、非球面の場合には基準球面の曲率とともに非球面係数にも影響し、高い面精度が要求される場合には無視できなくなる。

われわれが開発した2波面 MZP は、形状測定用の非球面波とともに被検面の頂点に集光する球面波を発生するよう作成される。絶対形状の計測は、まず図2(a)に示すように球面波を遮断した状態で、干渉縞の形状を

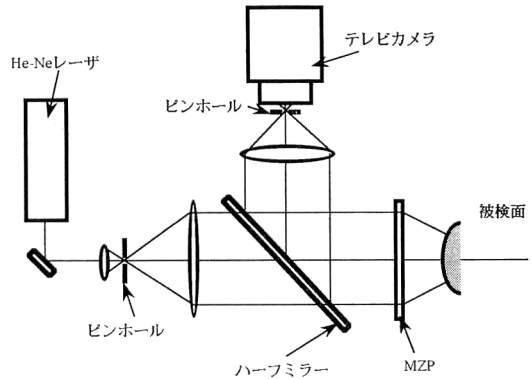


図1 ゾーンプレート干渉計の構成

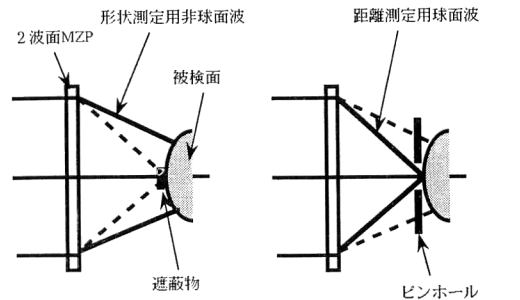


図2 2波面 MZP を用いた測定

見ながらセッティングを行い、位相シフト法等を用いて形状測定が行われる。次に、そのセッティング位置に被検面を固定したまま、図2(b)に示すように非球面波を遮断して球面波の干渉縞を計測すれば、デフォーカス収差量よりセッティング距離のずれ量が算出される。それを用いることで、形状測定時に基準となった非球面形状を数値演算で求めることができ、最初に得られた形状測定データを補正することで被検面の絶対形状が求められる。

3. 2波面 MZP

一つのゾーンプレートから二つの波面を同時に発生さ

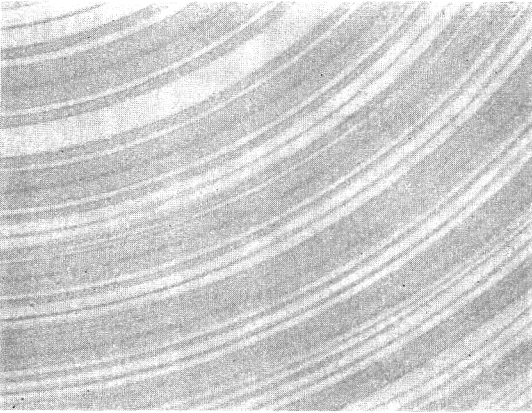


図 3 2波面 MZP のパターン形状 (一部を拡大)

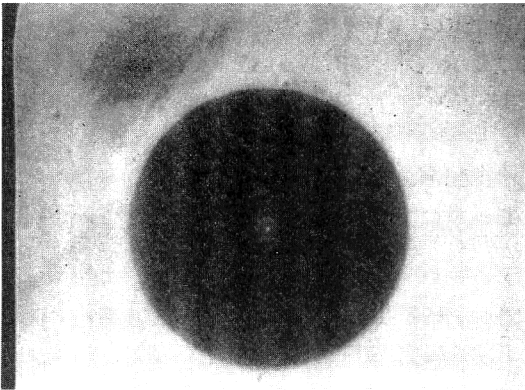


図 4 2波面 MZP による干渉縞 (球面原器で実験)

せるためには、入射光に位相変調とともに強度の変調も与える必要がある。従来より計算機プログラムの分野では、複数の波面を生成する際に、位相分布のみを計算するキノフォームが作られていたが、干渉計測においては、不要な回折光を発生するため望ましくない。われわれは、ゾーンプレート透過直後の波面に強度分布を与えるために、回折パターンに局所的な回折効率の分布を設けた。

今、所望の球面波、非球面波を発生するのに必要な MZP 上での位相分布をそれぞれ $P_1(r)$ 、 $P_2(r)$ とすると、二つの波面を同時に発生させるためには、MZP 上に

$$\Phi(r) = A(r) \cdot \exp [P(r)] = \exp [P_1(r)] + \exp [P_2(r)] \quad (1)$$

で表される複素振幅変調が必要となる。ここで、 $A(r)$ は振幅分布、 $P(r)$ は位相分布、 r は MZP の中心から半径方向への距離であり、 $A(r)$ 、 $P(r)$ はともに数値演算で求められる。MZP は 2 値の位相変調型ゾーンプレートであり、われわれは、回折効率分布を与えるために、局所的な格子ピッチ $L(r)$ に対する溝幅 $D(r)$ の比率を変化させた。このとき、局所的な回折効率 $\eta(r)$ は $\sin^2 [D(r)/L(r)]$ に比例するので、与えようとする振幅分布 $A(r)$ に対し、

$$[A(r)]^2 \propto \eta(r) \propto \sin^2 [D(r)/L(r)] \quad (2)$$

を満たすように $D(r)/L(r)$ を与えることで所望の複素振幅変調を得ることができる。

ガラス基板上的レジストに、上記の方法で計算された輪帯状のパターンを形成した 2 波面 MZP の例を図 3 に示す。また、実験的に作られた 2 波面 MZP による干渉縞の一例を図 4 に示す。

4. む す び

非球面の絶対形状を簡易なシステムで測定したいという要求は近年ますます強くなっており、その解決方法の一つとして、2 波面 MZP を用いたゾーンプレート干渉計を開発した。現在の 2 波面 MZP はその回折効率が悪く、反射率の低い被検物に対し十分なコントラストの干渉縞が得られないという課題を持つ。今後、回折パターンのブレース化による回折効率の向上が望まれる。

文 献

- 1) 田幸敏治, 社内順平, 南 茂夫編: 光学的測定ハンドブック (朝倉書店, 東京, 1981).
- 2) R.N. Smartt: "Zone plate interferometer," *Appl. Opt.*, **13** (1974) 1093-1099.
- 3) N. Ohyama, I. Yamaguti, I. Ichimura, T. Honda and J. Tsujiuchi: "A dynamic zone-plate interferometer for measuring aspherical surfaces," *Opt. Commun.*, **54** (1985) 257-261.
- 4) 中島一敏: "ゾーンプレート干渉法による非球面の測定", *光技術コンタクト*, **27** (1989) 271-277.

(1993 年 10 月 18 日受理)