



## 計算機ホログラムを用いた非球面形状測定機

玄間 隆志

東京光学機械(株)技術本部研究所 〒174 東京都板橋区蓮沼町 75-1

### 1. ま え が き

近年、ダイヤモンド・ターニングに代表される超精密加工技術の進歩により、軽量化、高性能化、コストダウンなどを目的とする非球面光学素子の量産化が進められつつあり、高精度な非球面形状測定技術の開発が急務となっている。計算機ホログラム (computer-generated hologram: CGH) を用いた非球面形状測定はすでに広く知られている方法であるが<sup>1-3)</sup>、原器となる CGH (ホログラム原器) の高精度な作製が困難なため、これまでは、非球面量 (近似球面からのずれ)  $10\lambda$  程度の面が精度よく測定できる限界であった。

本稿では、電子線描画によるホログラム原器とアライメント用素子の考案により、測定可能な非球面量を大幅に拡大した干渉計について紹介する。

### 2. ホログラム原器の作製

従来、ホログラム原器はプロッターで描画したホログラムの拡大パターンを写真縮小することにより作製されていた。しかし、この方法では、各プロセスでの誤差の累積により、とくに非球面量が大きく干渉縞が細かいときには十分な精度を得ることができなかった。

今回、この点を改善するため、電子線描画によるダイレクトなホログラム原器の作製を試み、高い精度を得ることができた。ホログラム原器はクロムのバイナリー・パターンからなる干渉縞型の CGH とし、参照波、物体波の光線追跡結果から求められたパターン・データを電子線描画することにより作製した。描画領域は  $45.54\text{ mm}$  角、1画素は  $2.5\text{ }\mu\text{m}$  角である。

この方法で作製した最大空間周波数  $200\text{ 本/mm}$  のフレネル・ゾーン・プレートの透過波面は、 $P-V: \lambda/25$ 、 $\text{RMS}: \lambda/100$  ときわめて高精度であり、回折効率も理論値と一致した。図1は、その最周辺部の拡大写真である。

### 3. 干渉計の構成

本干渉計は、図2に示すように、安定性に優れたフィ

ゾー型を基本としており、平面や球面の測定も可能である。

ホログラム原器はビーム・スプリッター反射後の共通光路中に設置した。また、参照平面の角度を可変にしたため、被検物に応じてホログラムのタイプ (イン・ライン型、オフ・アクシス型) を選択することができる。いずれの場合も、参照波の0次回折波と物体波の1次回折波のみが空間フィルターにより選択され、形状誤差を表わす干渉縞が得られる。

ホログラム原器に記録されているのは光学系の設計値の情報であるので、高精度な測定のためには、干渉計を構成するすべての光学素子を設計値どおりに製作、配置する技術が必要とされる。もちろんホログラム原器もその例外ではなく、とくに非球面量が大きくなると位置精度が厳しくなる。本干渉計では、平面および球面からなる貼り合せレンズと調整用ホログラムを用いることにより、サブミクロン・オーダーでのアライメントを実現した。さらに、被検面のアライメント誤差は解析プログラムにより除去される。

### 4. 精度評価

非球面形状測定機としての性能を評価するには形状誤差をもたない非球面が必要となるが、そのような非球面の製作および検定は困難なので、今回は、高精度に製作された球面をデフォーカスした際に発生する収差をもつ波面を用いることにした。波面収差が  $200\lambda$ 、 $800\lambda$ 、 $2,000\lambda$  の場合につき測定を行なったが、これらはそれぞれ非球面量が  $100\lambda$ 、 $400\lambda$ 、 $1,000\lambda$  の非球面に相当する。図3は、非球面量が  $400\lambda$  の場合の測定結果である。

表1に、本干渉計の測定精度評価結果を示す。非球面量  $400\lambda$  以下の非球面に対して、平面、球面の場合と同等の測定精度を有していることがわかる。

### 5. 非球面測定結果

ダイヤモンド・ターニング法により加工された非球面

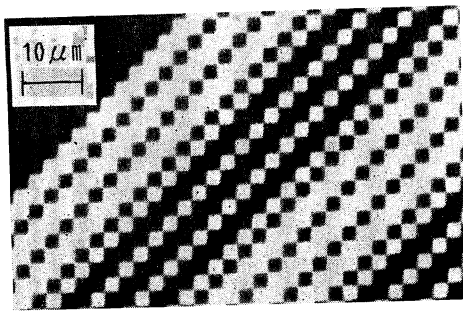
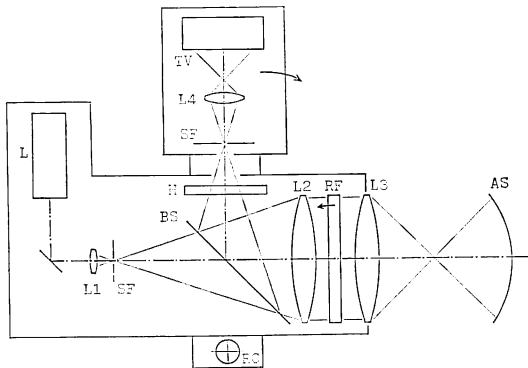


図1 フレネル・ゾーン・プレート拡大写真 (空間周波数 200 本/mm)



- L : He-Ne レーザー
- SF : 空間フィルター
- L2 : コリメターレンズ
- L3 : 発散レンズ
- H : ホログラム原器
- TV : TVカメラ
- L1 : コンデンサーレンズ
- BS : ビーム・スプリッター
- RF : 参照平面
- AS : 被検非球面
- RC : 観察系回転中心

図2 干渉計の構成

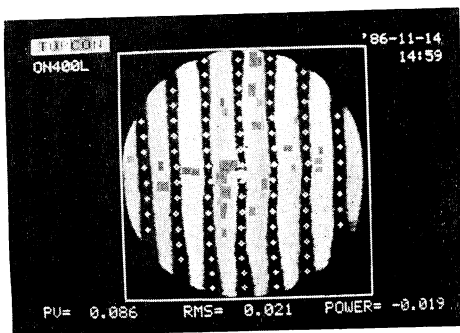


図3 測定精度評価結果 (非球面量 400 nm 相当)

を測定した結果を図4に示す。この非球面は球面からのずれ量が半径の4乗に比例しており、非球面量は 500 nm に達している。

### 6. ま と め

今回われわれは、高精度光学部品製造技術に電子線描

表1 精度評価結果

	球 面	非 球 面	
		100λ, 400 λ	1, 000 λ
P-V 値	λ/10	λ/10	λ/ 6
RMS 値	λ/50	λ/50	λ/30

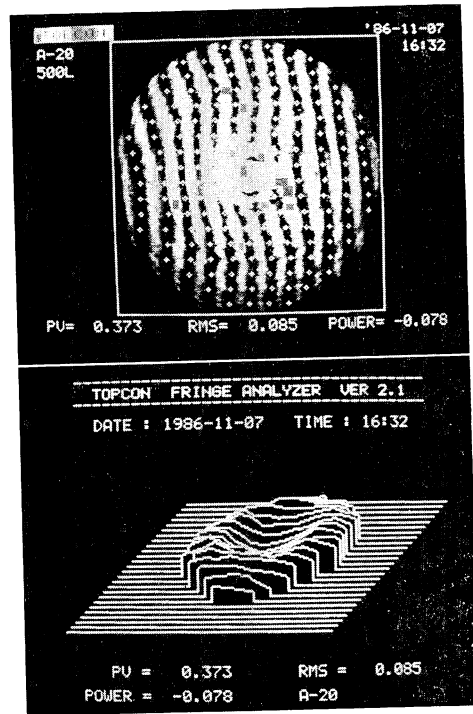


図4 非球面測定結果 (非球面量 500 nm)

面という最先端の技術を結び付けることにより、測定可能な非球面量を大幅に拡大するとともに、平面、球面と同等な測定精度を実現することができた。近年、種々の非球面形状測定方法が開発されているが、計算機プログラムを用いる本方法は、通常行なわれている平面、球面の測定方法との類似性からしても製造現場向きの方法であり、今後幅広く用いられていくものと考えられる。

### 文 献

- 1) A. J. MacGovern and J. C. Wyant: "Using computer generated holograms to test aspheric wavefronts," Appl. Opt., 11 (1972) 2833-2839.
- 2) 谷田貝豊彦, 安田賢司, 斎藤弘義: "計算機ホログラムを用いた非球面の干渉測定", 光学, 3 (1974) 132-139.
- 3) 小野 明: "コンピュータ・ホログラムによる非球面の測定", 光学技術コンタクト, 23 (1985) 564-573, 627-634.

(1986年12月2日受理)