

第10回光学シンポジウム

レーザービーム偏向法による  
非球面の形状測定

伊藤雅英・高山浩治・黒田和男・小倉磐夫

東京大学生産技術研究所

〒106 東京都港区六本木 7-22-1

プラスチックやガラスのモールド成形加工技術の進歩により非球面レンズ、反射鏡は普及期をむかえている。光学研磨面の形状測定法としては、機械的触針式、干渉法をはじめ幾つかの方法が提案されている<sup>1-4)</sup>。レーザービーム偏向法はレーザービームを被検面上に照射し、反射角の変化から面の傾きを求め、これを積分して面形状を求める方法である<sup>5)</sup>。本測定法は簡単な幾何学に基づいているため、最終的な測定精度は装置の機械的精度に依存する。したがって、非接触であるという光学的方法の長所を生かしながら機械的測定法に近い精度が得られる。また同一構成で参照面なしに凹、凸両面の形状を測定することができ、とくにFナンバーの大きな面形状の測定に有効である。

測定は三角法の原理に基づいている。座標系および記号を Fig.1 に示す。距離  $b$ 、および被検面の位置に平面鏡を置いたときの反射角  $\theta_0$  をあらかじめ測定しておく。被検面を設置したときの反射ビームの変位  $\epsilon$  を測定すれば、被検面の勾配  $dy/dx$  は、

$$\frac{dy}{dx} = \tan \frac{\Delta\theta}{2} \quad (1)$$

$$\tan \Delta\theta = b\epsilon / \{b^2 + a(a+\epsilon)\} \quad (2)$$

となる。被検面をステージ 1 (20  $\mu\text{m}/\text{step}$ ) で移動しつつ反射ビーム移動量  $\epsilon$  をフォトダイオードアレイ (2,048 素子, 間隔 14  $\mu\text{m}$ ) およびステージ 2 (330  $\mu\text{m}/\text{step}$ ) を位置センサーとして使用することによって測定する。

セッティングに起因するいくつかの補正を行なった後、(1)および(2)に従って面の勾配を求めた。これを積分すれば形状を求めることができる。曲率半径など面の形状係数は微係数を最小二乗法で多項式近似し、結果を理論式と比較して決めた。放物面鏡、凹球面鏡、凸球面鏡の赤道断面の形状および形状係数を測定し、繰り返し測定の結果、焦点距離として、それぞれ  $448 \pm 2\text{mm}$ 、 $1,006 \pm 3\text{mm}$ 、および  $-1,554 \pm 5\text{mm}$  を得た。

放物面鏡を用いて装置の統計的誤差を測定した。形状測定結果、最適放物面からのずれの量を Fig.2 に示す。このずれの量は、rms で  $0.12\mu\text{m}$ 、p-p で  $0.47\mu\text{m}$  で

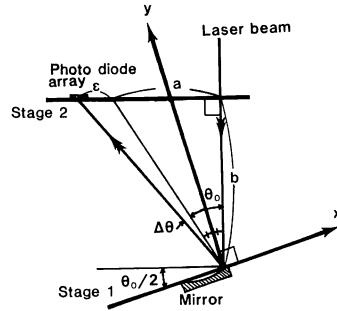


Fig.1 Measurement system. Position of the laser beam reflected on the mirror under test is measured by the photo diode array on stage 2.

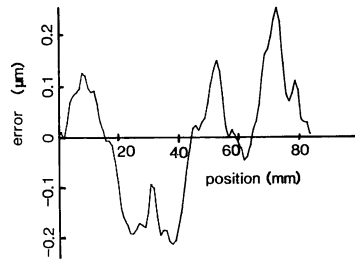


Fig.2 Deviation from parabolic figure.

あった。これはビーム位置の測定誤差と移動ステージの軸芯の振れによるもので、本装置の測定限界を示していると思われる。測定データを回帰分析すると焦点距離の測定誤差は約 0.05% となった。一方、繰り返し測定の精度は約 0.4% であり、この差は系の長時間安定性によるものと思われる。

系統的測定誤差は装置の機械的精度に依存する。ビームの位置測定誤差  $\Delta\epsilon$ 、 $\theta_0$  の測定誤差による測定開始点の位置決め精度  $\Delta a$ 、および基線長の測定誤差  $\Delta b$  の勾配  $y' \equiv dy/dx$  への影響は、

$$\frac{\Delta y'}{y'} = \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon} + \frac{2a^2 \Delta a}{b^2 a} + \frac{\Delta b}{b} \quad (3)$$

となる。これらにアライメントの誤差を加えて、全体の系統的測定誤差としては約 0.5% と見積もられる。系全体の機械的精度を改善すれば、もう 1 桁近く測定精度を向上できるとと思われる。

文 献

- 1) J. M. Bennett: Appl. Opt., 15 (1976) 2705.
- 2) T. Yatagai, et al.: Proc. SPIE, 429 (1983) 136.
- 3) 田中康弘, ほか: 光学, 11 (1982) 616
- 4) J. D. Evans: Appl. Opt., 10 (1971) 995; 11 (1972) 712.
- 5) 劉 中本, ほか: 生産研究, 36 (1984) 185.