



面傾斜測定機能を有する非接触非球面計測装置

丹羽 雄吉*・山本 碩徳**・鳴海 廣治***

* キヤノン(株)中央研究所複合技術研究部 〒243-01 厚木市森の里宮 5-1

** キヤノン(株)生産技術研究所超精密研究部 〒146 東京都大田区下丸子 3-30-2

*** キヤノン(株)阿見精機工場機器部 〒300-11 茨城県稲敷郡阿見町大字吉原 3577

1. はじめに

非球面レンズは超精密加工法の進歩¹⁾により、高性能で、しかも低コストに量産化できるようになり、CD 用光ヘッド、カメラ用レンズ等、身近な光学系の高精度化、低コスト化に対しても多大の寄与をもたらしている。これは、非球面計測技術の高精度化により初めて実現しえたことである。当社においては、従来、極座標方式の触針式測定機²⁾を使用していた。しかし、触針式はプローブ径が 2mmφ 程度と大きく、面粗さの情報が無視されてしまううえ、被検体に触刻を残してしまう。また、測定時間もかかり、振動にも弱い。最近、これらの弱点を克服し、型加工の段階で光学特性を忠実に評価することを目的に、極座標方式の非接触測定機を開発した。これは、面傾斜角の測定機能をも有し、表面粗さの情報も得ることができる。

2. 方式と構成

図 1 に光学プローブの基本構成を示す。①～⑫は測長系で、②～⑬は測角系である。対物レンズを共通とし、同一ポイントを測定する。光プローブ径は 10 μmφ である。測長系の光束は、対物レンズに軸外入射し、共役点に配置された CCD 上では、フォーカス方向に対し、反射光束が、おのおの左右に横ずれを生ずる³⁾。このスポット像の重心ずれを検知する。CCD 中心の不感帯位置を共役点に一致させ、左側 CCD 上にある信号量の積分値と右側のそれとを比較する。したがって、左右積分値の差信号はフォーカス点でゼロクロスする S 字型信号が得られる。測角系の検知方式も基本的にはこれと同じで、ただ、センサーに PSD を使用し測角範囲を拡大したことと、対物レンズの瞳位置を測定できるようにセンサーを配置し、光束が面傾斜に依存して移動するようにした点が異なる。もちろん測長系光束は、面傾斜に対し変動しない構成である。

図 2 にシステムの構成を示す。被検体は旋回軸を中心に参照球上を回転する。形状は、参照球上をゼロとし、格子干渉測長器の読みと AF 差信号の和として与えられる。また、傾斜角は参照球接平面に対する角度である。評価断面の選択は、被検体を自転軸のまわりに自転させることにより行なわれる。

機械系の仕様をまとめると次のようになる。

参照 R 合せ用エア・スライド (ストローク 200mm, 分解能 0.1 μm), 被検体用角形エア・スライド (ストローク 15mm, 分解能 0.01 μm), 旋回軸 (8" エア・ベアリング, 旋回範囲 ±90°, 分解能 1"), 被検体自転軸 (6" エア・ベアリング, 8 断面割出し機構)

また、1 ポイントの測定時間は 1ms で、現在のシステム構成では、1 断面 300 のサンプリング・ポイントで、所要測定時間は 1 分である。8 断面の評価を行なう。しかし、最大 1000 ポイント/断面の測定が可能である。

3. 評価結果

測長系の等価雑音位置決め精度は ±1nm を実現し

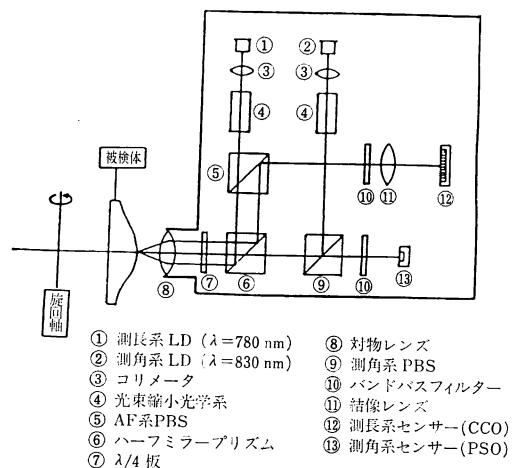


図 1 光プローブ基本構成

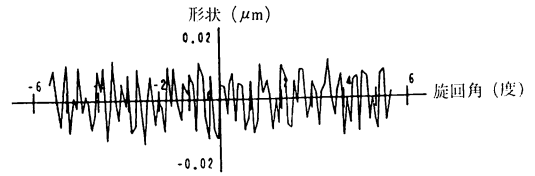
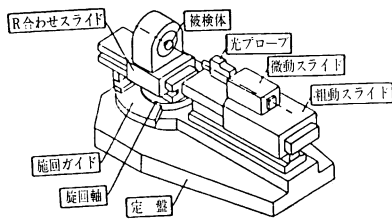


図3 面形状の測定例

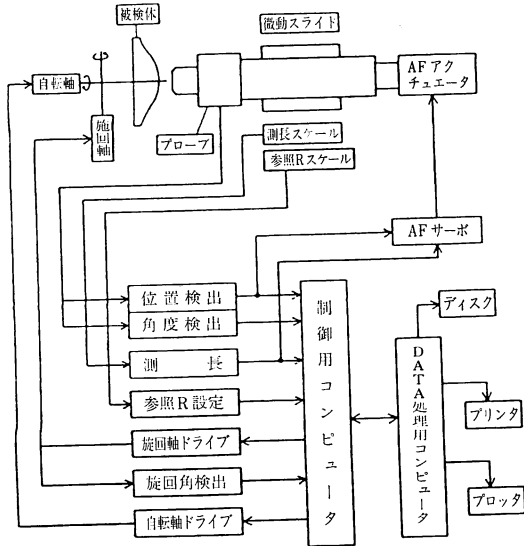


図2 システム基本構成

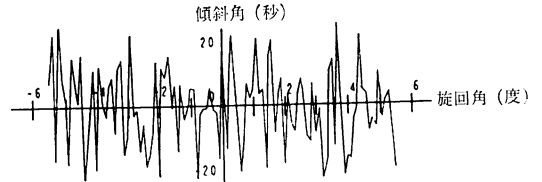


図4 面傾斜角の測定例

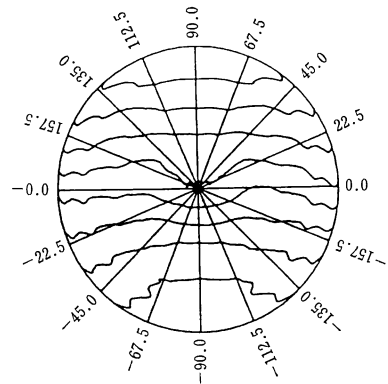


図5 面形状の等高線表示例

ている。したがって、測定値の読みとりは格子干渉スケールを AF 信号により補間することにより行なわれる。図3は石英超平面の形状測定例である(極座標測定値を平面に補正)。実際上形状の測定精度限界を決める要因は回転軸ぶれで、これは $0.1 \mu\text{m}$ 程度あり、再現性補正を行なっても $0.02 \mu\text{m}$ は残存している。形状測定の総合精度は $0.02 \mu\text{m}$ (3σ) であった(10回同一断面測定による)。 $0.1 \mu\text{m}$ の軸ぶれでは、光プローブのトレース位置ずれは無視しうるし、また、回転角位置(サンプリング・ポイント)再現性に関しては、参照 $R=10\text{mm}$ のとき $0.05 \mu\text{m}$ (角度分解能 $1''$ に相当)であるから、プローブ径が $10 \mu\text{m}$ であることを考えると、軸ぶれがそのまま形状測定誤差として現われていると考えてよい。さらに高精度の形状測定値を得るためには、回転軸ぶれの補正を行わなければならない。たとえば、参照 R に相当する位置を、空間的、時間的に同一点でモニタすることにより、この補正が可能である。したがって、現使用の測長系をもう一系統設置することにより、参照 R の変動を測定すれば、さらに1桁の精度向上が可能となる。

図4は上記石英超平面の傾斜角測定例である。総合測定精度は $10'' \sim 20''$ (3σ) で(10回測定)、傾斜角測定値

に対する回転軸ぶれの影響は $2''$ 程度となり、無視できる。

形状と傾斜角の測定値は、型加工上りの状態から直接的に結像性能を評価するのに有効に使用される。すなわち、光線追跡に要する位置の情報と傾斜角の情報が得られたわけで、レンズ成型前より忠実なシミュレーションができる。たとえば、平行光束入射に対し、設計値による理想結像性能と測定値のそれとの差異、あるいは、相関の度合から型の仕上り状態を定量的に判断することが可能となった。

図5は、8断面の測定値から非球面形状を等高線表示したものである。表現方法の一例として、面傾斜を加え、縞ピッチを $1.87 \mu\text{m}$ で表示した。

文 献

- 1) 内藤和雄：日本機械学会誌, 87 (1984) 66-72.
- 2) トリケップス, B. P. No. 47 (1985) 86-101.
- 3) 丹羽雄吉, ほか：光学, 10 (1981) 45-49.

(1986年12月22日受理)