

最近の技術から

光スキッド粗さ測定法

安達 正明

金沢大学工学部 〒920 金沢市小立野 2-40-20

1. ま え が き

光干渉を用いる高精度測定法において、設置環境からくる主な外乱は、音、床の振動、空気の擾乱、電気雑音などである。通常的环境下で、音や床振動による干渉計の振動振幅を  $0.1 \mu\text{m}$  以下に抑えるのは容易ではないと思われる。参照面と測定面が一体型のアームで保持できない場合は、振動の影響は非常に重大である。超高精度粗さ計測ではその环境下で  $0.0001 \mu\text{m}$  オーダーの凹凸を測定する必要がある。加えて、参照面の粗さが与える影響も考慮すべきである。参照面以上の面も測定対象になるからである。しかし、これらの影響を除去できる機能を測定法に組み込めれば、通常的环境下でも、簡単に超精密面の粗さ測定が可能となる。我々が開発した光スキッド粗さ測定法は、これらの機能を組み込んだ方法である。

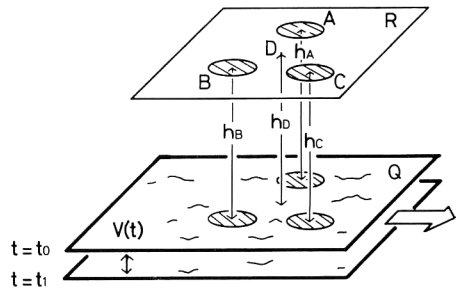
2. 測定原理

本方法では、移動テーブルを用いて測定箇所を一定速度で走査しながら、測定箇所の高さと周辺部の高さの差を光干渉法を用いて連続測定する。測定原理を図 1 に示す。測定面は Q、参照面は R であり、図中の距離  $h_i$  ( $i=A, B, C, D$ ) は、光路差が常に  $1/4$  波長近傍に制御された拡大干渉光学系を使用して、干渉光強度から測定する。両面の平均光路差が  $V(t)$  で変動していても、 $X_D$  はその影響を受けない。また、D は小さな点だが、A, B, C を大きな領域とし、それぞれの領域での平均距離を、大きな三個の光センサーで測定する。測定時、Q は移動するが、R は同じ箇所が連続して用いられ、さらに R が持つ凹凸が光センサーの面積内で平均されるので、参照面が持つ粗さは測定値に影響しない。故にこの方法では、測定長の制限もなく、大きな測定面の粗さが超高精度で測定可能となる。

3. 測定装置と測定結果

用いた装置の概略を図 2 に示す。主要部は市販のミ

ロー型干渉顕微鏡であり、上部にセンサーヘッド、対物レンズホルダー部にピエゾ素子を組み込んである。センサーヘッドは D がピンホールと光電子増倍管、A, B, C はシリコンフォトダイオードである。センサーヘッドの出力を基に、ミラー対物レンズの上下位置をピエゾで制御し、光路差を照明光の波長の  $1/4$  倍近傍にすることにより、高感度に測定面の凹凸を電気信号に変換してい



$$X_D = h_D - (h_A + h_B + h_C) / 3$$

図 1 光スキッド粗さ測定法の測定原理図  
 $V(t)$ : 外部振動, D: 測定点, A, B, C: 周辺測定部,  $h_i$ : 各測定点での間隔,  $X_D$ : 差の出力。

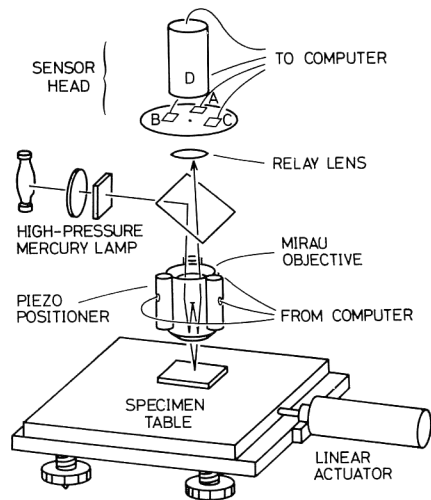


図 2 光スキッド粗さ測定装置の概略

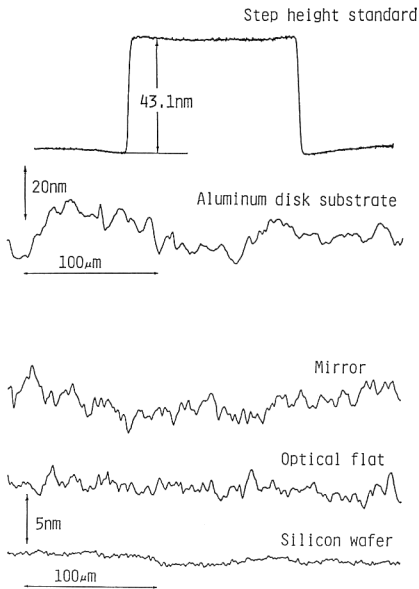


図3 超精密面の測定結果

る。変換された電気信号を基に  $X_D$  の計測を行う。詳しい制御方法は文献1)を参照されたい。

この装置を用いることにより、0.4 gal の振動加速度下で、雑音強度 0.00005  $\mu\text{m}$  RMS, 水平分解能 2.5  $\mu\text{m}$ , 測定スピード 26  $\mu/\text{秒}$  が得られた。超精密面の測定結果を図3に示す。一方、参照面以上の超精密面の凹凸も高精度測定できることが、故意に粗い参照面を用いて行った測定結果から報告されている<sup>2)</sup>。最近、He-Neレーザーを組み込み、他の性能をそのままに水平分解能を1.0  $\mu\text{m}$  に上げることも可能となった<sup>3)</sup>。

もう読者はお気づきだろうが、この方法には正確な形状測定を行う上で問題が二つある。一つは得られる出力が断面曲線でなく、粗さ曲線であることだ。これは測定点の高さと周辺部の高さの差を測定しているため、測定

対象の形状の長波長(うねり)成分を感度良く測定できないからである。この解決には、フーリエ変換を用いた処理を装置に組み込み、成分の強度回復が可能となっている<sup>4)</sup>。その結果、移動テーブルの直進性や傾斜変動の影響も受けなくて、断面に近い信号を出力できている。

もう一つは、測定面に反射率の変動があると、干渉光強度から光路差を計算する時に大きな誤差を生じることだ。これはリニーク型の干渉顕微鏡に、1/4波長板を用いた偏光干渉計を組み込み、光路差が1/2波長だけ違う二つの干渉状態を作って解決できている<sup>5)</sup>。

#### 4. む す び

光干渉を用いる測定では、光路差の変化は光路差が1/4波長近傍で最も高感度に干渉光強度に変換される。1/4波長近傍への制御を高速高精度にコンピュータで行わせながら、測定点とその周辺の領域の高さの差を測定する、すなわち共通光路系的な機能を持たせたのが本方法である。

#### 文 献

- 1) 安達正明, 三木秀司, 中井康秀, 川口 格: “上下振動の影響を受けない高精度粗さ測定法(第1報)”, 精密工学会誌, **56** (1990) 140-145.
- 2) 鈴木紀生, 安田恵勇, 米田康司, 安達正明, 三木秀司: “超精密光学式粗さ計の開発”, 計測自動制御学会論文集, **27** (1991) 735-740.
- 3) M. Adachi, F. Miyake, N. Takeuchi and N. Suzuki: “Super smooth-surface profilometer using optical skid,” Int. J. Jpn. Soc. Precis. Eng., **26** (1992) 213-218.
- 4) 安達正明, 三木秀司, 鈴木紀生, 中井康秀, 川口 格: “上下振動の影響を受けない高精度粗さ測定法(第2報)”, 精密工学会誌, **56** (1990) 1088-1093.
- 5) 安達正明, 三木秀司, 鈴木紀生, 中井康秀, 川口 格: “オプティカルスキッド法における反射率の変動が与える測定誤差の補正法”, 精密工学会誌, **56** (1990) 757-760.

(1993年10月28日受理)