HOEを用いた斜入射干渉計*

安田賢司**

Oblique Incidence Interferometer Using HOE / Kenzi YASUDA

Key words: HOE (Holographic Optical Element), oblique incidence interferometer, diffraction grating, laser interferometer, flatness tester

1. はじめに

レーザディスクに代表される今日のオプトエレクトロニクス、オプトメカトロニクス技術の発展は目覚ましい。これに伴い、光学部品の性能、形状を非接触で計測、評価できるレーザ干渉計は、光学、電子、精密加工分野で広く利用されている。

干渉計はサブミクロン間隔で被検体の等高線干渉じまを形成する装置であり、感度つまり等高線間隔は、光源の波長と、被検体への光の入射角度で決定される。一般的な干渉計では、光は、被検体に垂直に入射され、感度は波長の半分で、サブミクロンオーダーである（干渉光源としては一般的に He-Ne レーザが多く用いられ、その場合の感度は $0.3 \mu\text{m}$ である）。

一方、ダイヤモンドターニングに代表されるように光学部品以外の機械部品も高精度に加工されるようになった。これらの部品の形状精度が光学面（研磨面）に近くなり、それらの高感度（ミクロンオーダー）の干渉計測の要求が増えている。しかし上記の垂直入射光タイプの干渉計では、非研磨面の正反射光量が少なく、干渉じまのコントラストが低い。また、感度に対して、凹凸が多く等高線干渉じまが多く発生し、干渉じまを数えきれなくなり、測定レンジをはみ出してしまう。

一方、一般的に、光は被検面に対しすれすれな角度で入射すると、正反射光成分が急激に向上する。また入射角が増加すると、干渉じま等高線間隔が広がって測定感度、測定レンジの広い、粗面用の干渉計を作る

ことができる。これらのすれすれな角度で光の入射する斜入射干渉計には、プリズムを使ったタイプと、格子を使ったタイプでパッチ型と呼ぶタイプがある。特に格子を使用したパッチ型は、完全に非接触タイプで被検体の自由度が多く、使いやすい。我々の作った斜入射干渉計は、格子部分と、観察スクリーンに HOE を使用し、精度及び画面の鮮明度を向上している。

図 1 に装置の外観写真を示す。

2. 光 学 系

図 2 (a), (b) に光学系の配置図と、原理説明図を示す。(a) の光学配置図で、レーザ光は顕微鏡対物レンズ④で集光され、ピンホール⑤を通り、広がってコリメータレンズ⑥に入り、平行光束になる。平行光

図 1 外 観 写 真

* 原稿受付 平成 2 年 7 月 31 日

** 富士写真光機(株) (大宮市植竹町 1-324)

(a) 光学配置図

(b) 原理説明図

1: He-Ne レーザ, 2, 3: 反射鏡, 4: ダイバージェン
ズ, 5: ピンホール, 6: コリメータレンズ, 7, 8: 回折格
子, 9: 0 次光, 10: 1 次光, 11: 被検体, 12: ホログラム
スクリーン, 13: 結像レンズ, 14: TV ヘッド

図 2 斜入射干渉計光学系図

束は、回折格子⑦で方向の異なる複数の平行光に分けられ、その内の2つの光束（0次光⑨と1次光⑩）が使われる。下方に向かう1次回折光は、被測定面を照射反射し、2番目の格子⑧に入る。一方、1番目の格子をそのまま通過した0次光は直接平行光束のまま2番目の格子に入り、この面で回折し、被検面を経て入ってきた光束と同じ方向に進み干渉を起こす。できた干渉じま像は、コリメータレンズ、絞りを経てスクリーン面⑫に至り、干渉じまを形成する。また、このスクリーンは、平行光束と集光光束で作られたホログラムであり、干渉じまを形成した光を結像レンズ⑬の絞りに集光するコンデンサレンズの役割もしている。結像レンズでスクリーン上の干渉じま像をTVカメラ⑭に結像し、TVモニターで観察する。

(b)の原理説明図で、回折しない光束⑨と被検面から反射してくる1次回折光⑩との光路差 δ は、

$$\delta = \overline{BCD} - \overline{BD} = 2h \cos i \quad (1)$$

であり、全測定面内にわたり一定である。被測定面が平坦であると、全面にわたり同じ明るさの干渉じまが発生するが、被検体の一部に Δh の盛り上がり部分があると、盛り上がり部分に入射する光束の部分の光路差の変化は $2\Delta h(\cos i)$ であり、発生する干渉じまの数

$$\Delta N = 2\Delta h(\cos i)/\lambda \quad (2)$$

となる。

表 1 主 要 諸 元

機 種 名	HOE 1501
基本光学系	バーチ型
測定感度	2 μ m/しま
測定対象	平面（鏡面，準鏡面）
測定面積	ϕ 150 mm
基準面精度	
平面	0.5 μ m（測定精度）
球面	—
拡大倍率	$\times 1, \times 2$
設置方向	一方向
測定方向	一方向
サンプルセット方向	非接触（水平）
観察方法	9 インチ TV モニタ
記録方法	
インスタントカメラ	なし
ビデオプリンタ	標準
アライメント	
観察スクリーン	標準
TV モニタ	なし
光 源	He-Ne(0.6328) レーザ
電源容量	
AC 100 V, 50/60 Hz	3 A
寸 法	1360(W) $\times$ 825(D) $\times$ 1040(H) mm
重 量	160 kg

ここで回折格子の周期を P とするとこれと回折角 θ の関係は、

$$\lambda = P \sin \theta \quad (3)$$

となり、図から、 $\theta = 90^\circ - i$ となり、 $\sin \theta = \cos i$ から

$$\Delta N = 2\Delta h/P \quad (4)$$

の関係がある。

3. 特 徴

3.1 回折格子を使った干渉計

回折格子は、平行光と平行光を干渉させて、ホログラフィックに作ることもできる。本方法では、最初の格子⑦を通り、回折され被検体に反射された光は、180°ひっくり返って2番目の格子⑧に入射することになり、光学系及び格子に取差、ピッチ誤差があると測定結果を低下させることになる。その場合には、被検体位置に高精度基準平面を置いて、2番目の格子位置でホログラムを作成し、これを2番目の格子としてそのまま使用すると、上記の誤差は自動的に補正されたことになり、高精度に測定ができる。

3.2 ホログラムレンズを用いた観察

被検体に光を斜め方向から入射させ、光の方向に光軸を合わせて観察すると、被検体が一方方向に縮まった形で観察される。図2(a)に示すように、結像関係は

図3 ハードディスク測定例

図6 圧延金属板の測定

図4 金属鏡測定例

レンズで行い、ホログラムで光の進行方向を変えることにより、被検体に対し傾いて光を入れながらも、正面から見た形で観察できるようにしている。

3.3 非接触測定

従来型の斜入射干渉計は、三角プリズムを利用して

その一辺を基準とし被検面をほぼコンタクトして干渉させている。そのため、セッティングが難しく、被検体に制限があった。これに対し、本装置は、被検体を置くだけでよく、その上方は広く開いている。完全に非接触タイプの測定で、自動計測のための搬送機構等を導入できるスペースが充分にある。

4. 主要諸元

表1に主要諸元を示す。

5. 応用例

5.1 鏡面物体

表面程度が良く、鏡面であるが、比較的平坦度の高いサンプルの測定に有効である。具体的には、コンピュータ用ハードディスク、DAD等のプラスチックディスク、ICウエハ等である。図3にハードディスクの測定例を示す。図4に金属鏡の測定例を示す。

また得られた干渉じまを画像処理し形状を自動解析装置で計算させた結果を図5に示す。

5.2 粗面物体

表面程度が悪く、粗面状態の被検体が測定できる。具体的には、圧延金属板、切削面全般、Vブロック、定盤、ゲージ、レール等の金属の研削面、石定盤等の研磨面、樹脂成形品等である。図6に圧延金属板の測定結果を示す。