



微細光学表面計測用プローブ顕微鏡技術

東北大学 大学院工学研究科ファインメカニクス専攻
松隈 啓, 清水裕樹, 高 偉

1. はじめに

半導体生産に不可欠な超精密位置決め^{1,2)}に用いる回折格子, 精彩で明るい液晶ディスプレイに使われるプリズムシート³⁾, 高効率な太陽電池に太陽光を集光するためのフレネルレンズ⁴⁾など, 微細光学表面を有する光学素子が, 今日の大規模高付加価値生産を支える上で不可欠となっている(表 1)。これらの光学素子の表面微細形状は超精密加工によって実現されるが, その設計形状はそれぞれの目的によって大きく異なる。そのため, これらの製品に対する様々な評価・測定技術が必要となる。

表面形状測定法として代表的なものとしては, まず光学式測定法が挙げられる。レーザー光や白色光を光源として用いる光学式測定法は, 垂直分解能が高く, 非接触/非破壊での測定が可能という利点を有する。これまでに多くの計測技術が開発されており, その例としては走査型白色光干渉計⁵⁾や走査型レーザー共焦点顕微鏡⁶⁾が挙げられる。干渉や色収差の特性を用いて検出を行うこれらの光学式計測は, サブナノメートルの高い垂直分解能を持つ一方で, 面内分解能は回折限界により制約を受ける。例えば, 有効な表面形状測定法の一つである走査型レーザー共焦点顕微鏡は, 0.8 nm 程度の高い垂直分解能を持つ一方で, 面内分解能は一般的に回折限界に制限され, 光源として用いる光の波長の半分程度(数 100 nm 程度)が限界となる⁷⁾。加えて, 計測に反射光を用いる場合には, 反射光が検出器の視野に入る必要があるため, 表面形状が大きな勾配を有する光学素子の計測は困難である。このように, 光学式計測は高い垂直分解能で非破壊かつ高速に表面形状を測定することが可能であるが, 上記のような欠点もあり, 先に示したような光学素子の微細表面形状測定には適さない。

表 1 微細光学表面の例およびそれらの特徴

光学素子	回折格子	プリズムシート	フレネルレンズ
応用例	リニアエンコーダのスケールなど	液晶ディスプレイにおけるバックライト光のホモジナイザなど	太陽電池における集光など
特徴	微細構造	大振幅	急勾配
断面形状	<p>振幅 数100 nm ピッチ < 数 μm</p>	<p>ピッチ > 50 μm 振幅 > 25 μm</p>	<p>ピッチ > 数10 μm 振幅 > 数100 μm 角度 $\sim 90^\circ$</p>