

雷射光學麥克生干涉圖紋之解析能力 及薄膜表面檢測技術

The Resolution of Michelson Interferometer in Thin Films Surface Profiling

施明昌

國立高雄大學
電機工程學系
副教授

陳正森

國立高雄大學
電機工程學系

王雍行

工研院南分院
雷射應用科技中心
光電感測部

張裕修

工研院南分院
雷射應用科技中心
光電感測部
經理

洪基彬

工研院南分院
雷射應用科技中心
副主任

關鍵詞

- 干涉 Interference
- 形貌 profile
- 影像 image

摘要

麥克生干涉技術為廣泛應用於薄膜表面之非破壞性光學表面檢測方法，本文將介紹利用麥克生光學干涉圖形的解調技術與相位分析演算法，配合一顯微光學系統及 CCD 數位影像擷取之影像處理與分析能力，達到薄膜表面形貌之檢測，並探討影像誤差的成因及校正的方法，以及利用數位影像平均演算，消除干涉影像雜訊，以降低相位誤差達到精確實際表面形貌的轉換。

In this paper we present an optical method using

Michelson interference to analysis and identify the surface profile on a thin film. A numerical computing methodology has been used to transform the fringes pattern in Michelson interferometer into a real contour of the thin film with a good Z-axial resolution. In addition, solution of a numerical averaging process has been developed to improve the visibility of the fringes pattern and reduction of the noise in Michelson interference patterns interrogation.

前言

目前常用在量測薄膜表面曲率分佈的方法，大致可分為：(1)機械式接觸量測方法，是使用探針掃瞄(alpha step profile meter)，直接利用探針在待測物表面的接觸得到 Z 方向厚度位移差，這種量測方法使用簡單，Z-軸方向的解析力可達到奈米級 ($10^{-9}m$)，速度也可以很快，適合於大面積樣品表面



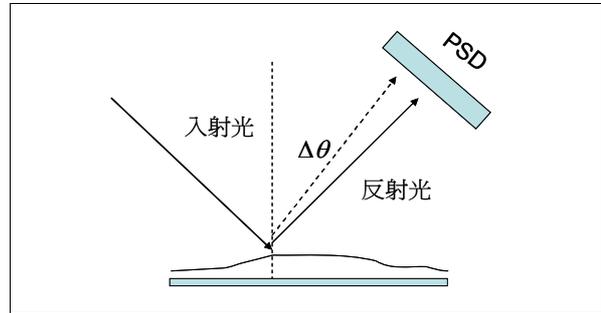
掃描，惟一的缺點是只能做一維的掃描，對於二維平面的待測物並不適合。(2)機械與光電混合量測方法，例如原子力顯微掃描術，利用探針頭與表面原子的作用力，或電子的穿隧效應(tunneling)得到待測物表面原的分佈狀況，這種量測方法雖然 Z-軸方向的解析力可達到原子級(10^{-10}m)，但掃描速度很慢，僅適合於微小面積樣品表面原子分布的掃描，與(3)光學式非接觸量測方法，這種方法利用光學反射原理或干涉原理，計算光束由不同厚度表面達到光偵測器的光程差(optical path difference)而得到待測物表面的厚度分佈，因為是光學式的掃描，所以速度可以很快，而且對待測物件一維、二維的厚度掃描都適合，特別對於一些透明或半透明薄膜，可以利用光程差或光的偏極性而得知薄膜介質成份分佈的資訊，這是機械式量測方法所不能達到的。

光學非接觸式薄膜量測方法

光學式方法又可分為以下幾種方法：光反射法(optical reflection)、全像干涉術(Holographic Interferometry)、Moire 干涉術(Moire Interferometry)、雷射斑點干涉術(Laser Speckle Interferometry)等等。以下對幾種光學式表面厚度量測技術作一簡要介紹。

光反射法(optical reflection method)

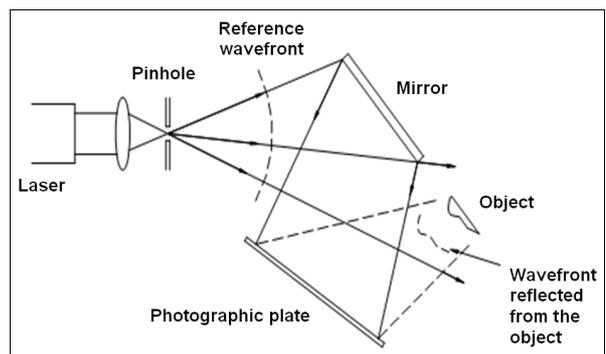
光反射法如圖一，一固定入射角度的光由一表面反射會因表面曲率而有不同的反射角，這是一種最簡單方便的表面曲率量測方法，但缺點是通常所使用的入射雷射光源的光束直徑大約為厘米(mm)，而且角度量測精確度會因光學繞射及光偵測的空間解析力而有所限制，無法實際應用於薄膜表面厚度解析。



圖一 反射式表面曲率量測方法

全像干涉術法(Holographic method)

如圖二，將物體反射出的光波與另一參考光波相干涉，以干涉條紋的形式記錄待測物表面繞射光波振幅(光強)和相位資訊，將干涉條紋成像於一底片後，用原參考光照射底片時，可使原先記錄的物體繞射波重建，再與一參考平面作相位的比較，可獲得亮暗相間的條紋，由條紋的分布得到待測物表面的曲率變形量。這種方法可以達到二維待測物表面的曲率分布狀況檢測，但由於要製作全像底片的過程，故無法達到現場的即時量測能力。



圖二 全像技術量測方法

疊紋干涉術(Moiré interference method)

疊紋(moiré)干涉術如圖三，兩道雷射光束 A 和 B 以 Φ 角對稱入射至表面貼有光柵的待測物件上，以相同光柵法線方向的第一級繞射光 A'、B'干涉所



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】323期・99年2月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011