

利用白光干涉術量測透明多層膜結構之表面形貌

鄒永桐
工研院量測技術發展中心
ytzou@itri.org.tw

童啟弘
工研院量測技術發展中心
chtung@itri.org.tw

黃煥祺
工研院量測技術發展中心
chico963@itri.org.tw

摘要

本篇文章利用白光垂直掃描(Vertical Scanning Interferometry, VSI)的方式量測透明多層膜的表面形貌方法。由於白光 VSI 量測透明多層膜表面形貌時，除了表面會產生干涉訊號，透明多層膜的介面亦會有干涉訊號產生，形成多重波包的現象。此時，利用白光 VSI 量測的方式可能因為多重波包，產生量測的錯誤。本文以訂定門檻值的方式，分辨透明多層膜表面的干涉訊號，避免底層的干涉訊號的干擾，而產生量測錯誤。由實驗上也證明，此方法確實能正確量測透明多層膜的表面形貌。

關鍵字：白光干涉儀，白光垂直掃描，透明多層膜。

壹、前言

白光掃描干涉術(Vertical Scanning Interferometry, VSI)是一項用來測量待測物表面形貌的技術，與一般探針式輪廓儀 (Stylus Profiler) 不同的地方在於它是光學非接觸式量測，所以不會對待測物造成傷害，並且測量速度迅速，其水平橫向解析度可達次微米（受繞射極限影響），垂直解析度可達奈米尺度；待測物的選擇非常廣泛，包括半導體工業的晶圓，平面顯示器的玻璃與塑膠面板，以及超精細加工的機械元件等等。

這項技術的發展起源於 80 年代後期[1,2]，利用白光低同調的特性，突破傳統相移干涉儀(Phase Shifting Interferometer)[3,4]在階高量測上受物鏡景深的限制，可以對縱深更長的樣品做測量，但是由於初期多被用於實驗研究的用途上，所以大部分的改良多以增加解析度與精確度為考量，隨著平面顯示器產業的發展，白光掃描干涉術也日益受到重視，但利用白光掃描干涉術量測透明多層膜表面形貌常會有量測錯誤的現象[5]，這樣會限制白光掃描干涉術所能量測的樣品種類，以目前平面顯示器產業最常量測的透明多層膜表面形貌—彩色濾光片，就會發生量測錯誤。本文提出訂定門檻值的方式，並由實際的實驗證實本方法的功效。

貳、測量架構

白光掃描干涉儀架構如圖 1 所示，量測方法主要是將量測光源經由分光鏡分為雙光束，其中一束入射至標準參考面反射，另外一束入射至待測物表面反射，由於兩束反射光束所經光程的差異形成干涉條紋，當圖中的精密位移驅動器載著干涉物鏡在垂直方向上做掃描，藉此調變干涉光程差(Optical Path Difference, OPD)來記錄干涉條紋變化並分析出表面輪廓，為了量測微觀的三維表面形廓，而將干涉儀建構在顯微鏡型態下，藉由改變不同干涉物鏡倍率來提高水平方向的量測解析度。

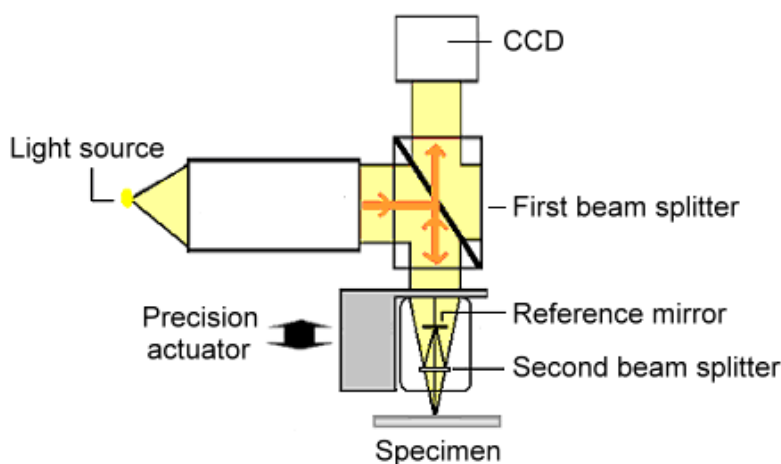


圖 1 白光干涉儀架構示意圖

參、理論

白光干涉圖譜可以視為一系列單頻相移干涉圖譜的組合，表示為

$$\begin{aligned}
 I(z) &= \int_{\sigma_L}^{\sigma_H} I_0(\sigma) \cdot [1 + V(\sigma) \cdot \cos \phi(\sigma, z)] d\sigma \\
 &= \int_{\sigma_L}^{\sigma_H} I_0(\sigma) d\sigma + \int_{\sigma_L}^{\sigma_H} I_0(\sigma) \cdot V(\sigma) \cdot \cos \phi(\sigma, z) d\sigma, \quad \dots\dots\dots (1) \\
 &= I_{DC} + I_{INT}(z)
 \end{aligned}$$

$$\phi(\sigma, z) = 2\pi \cdot \sigma \cdot z + \phi_0(\sigma) \quad \dots\dots\dots (2)$$

其中 $\sigma = \frac{1}{\lambda}$ 是波數、 $V(\sigma)$ 是相對於每一個波數的同調函數(coherence function)、 $\phi(\sigma, z)$ 是指干涉相位(phase interference)、 z 是兩道光的光程差、 $\phi_0(\sigma)$ 是兩道光的起始相差。圖 2 為模擬非透明膜的表面輪廓於單一個畫素，當光程差改變時所擷取到的訊號變化。白光掃描干涉術就是利用定位出干涉訊號的峰值位置，量測物體表面的形貌與相對高度。

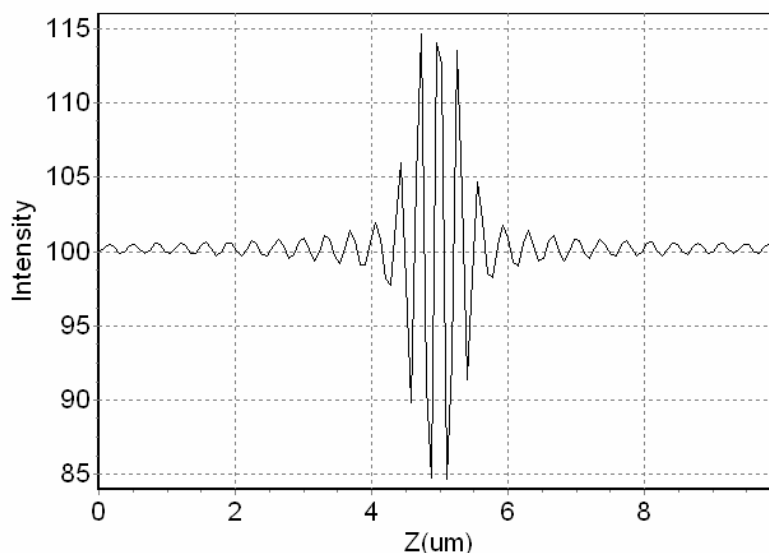


圖 2 非透明多層膜樣品白光干涉訊號模擬圖

當待測樣品為一透明單層膜時，此時量測到的干涉訊號是單層膜的表面產生的干涉訊號和膜與基板間的介面所產生的干涉訊號疊加的結果。圖 3 為透明單層膜樣品白光訊號的模擬圖。由圖 3 可以觀察到，干涉訊號會有兩個局部的峰值，由膜與基板間的介面所產生的干涉訊號會干擾單層膜表面峰值的判斷，造成量測的錯誤。所以，量測中心發展出一套判斷多層膜的表面和膜與基板間的介面個別產生的峰值的判斷法則。此方法利用訂定門檻值的方式，分辨出表面峰值的位置，避免錯誤判斷發生。

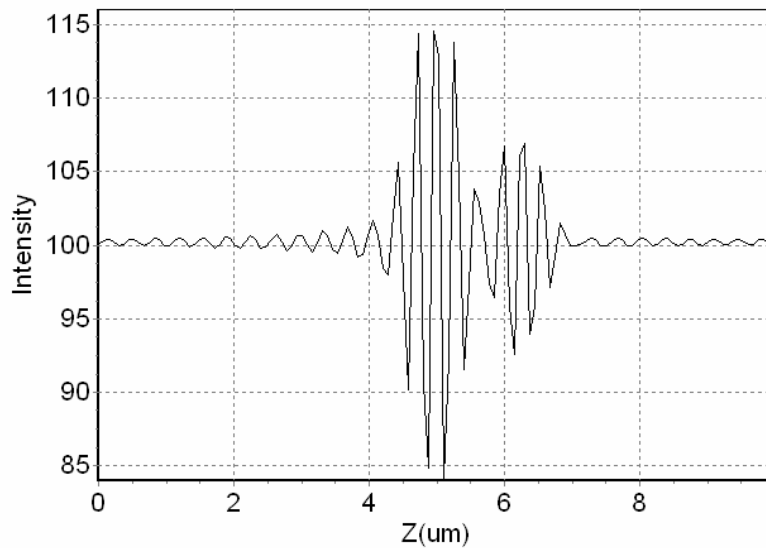


圖 3 透明多層膜樣品白光干涉訊號模擬圖

肆、實驗結果

圖 4 為實際測試的實驗樣品，其中 A 點所在區域為基板的介面，B 點所在的區域為一電極外層覆蓋透明保護膜，故可視為多層膜的結構。B 點實際上比 A 點厚，量測的區域大小為 640*480 畫素。圖 5 和圖 6 分別為量測 A、B 兩點的干涉訊號，並證實了我們的模擬結果。由圖 6 觀察到，第二個波包的峰值明顯比第一個波包大，實際上第一個波包的峰值才是樣品表面產生的干涉訊號。當未加門檻值的情況下，直接利用傳統的峰值判斷法，就會將第二個峰值取為樣品表面產生的干涉訊號，實際上這個訊號為電極和透明保護膜介面產生的訊號。所以量測到的介面為電極和透明保護膜的介面，而不是透明保護膜表面。圖 7 是在未加入門檻值的量測剖面圖，由圖觀察 B 點所在的區域比 A 點所在的區域薄，證實了多重波包現象確實會使量測產生錯誤。當加入門檻值的判斷後，量測出的表面輪廓如圖 8 所示，可正確的量測出表面的輪廓。

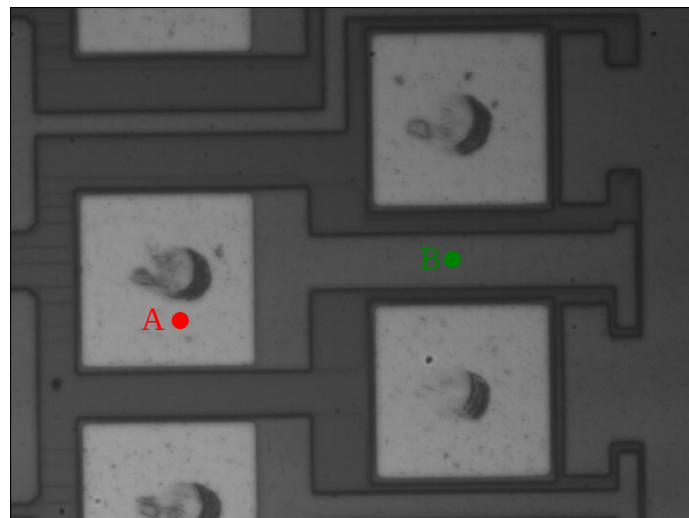


圖 4 實驗樣品

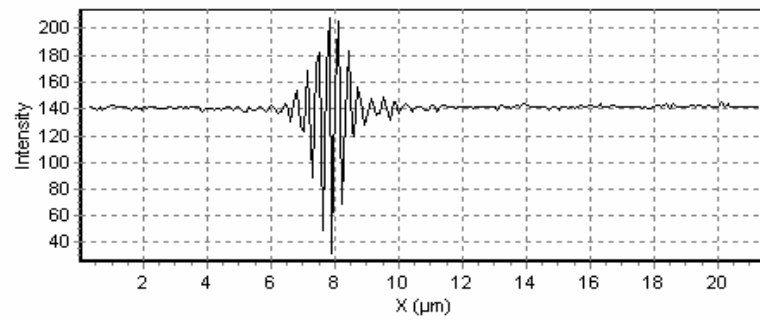


圖 5 量測樣品 A 點的白光干涉訊號

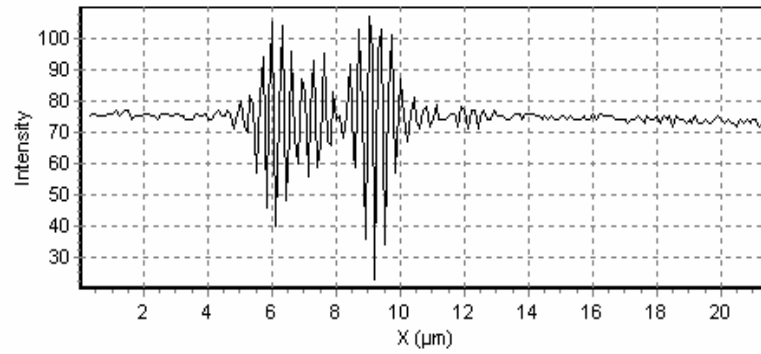


圖 6 量測樣品 B 點的白光干涉訊號

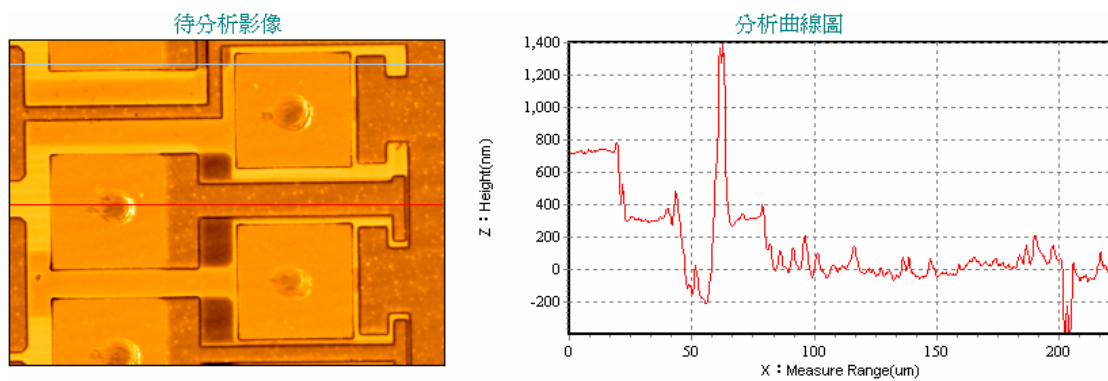


圖 7 未設定門檻值量測的結果

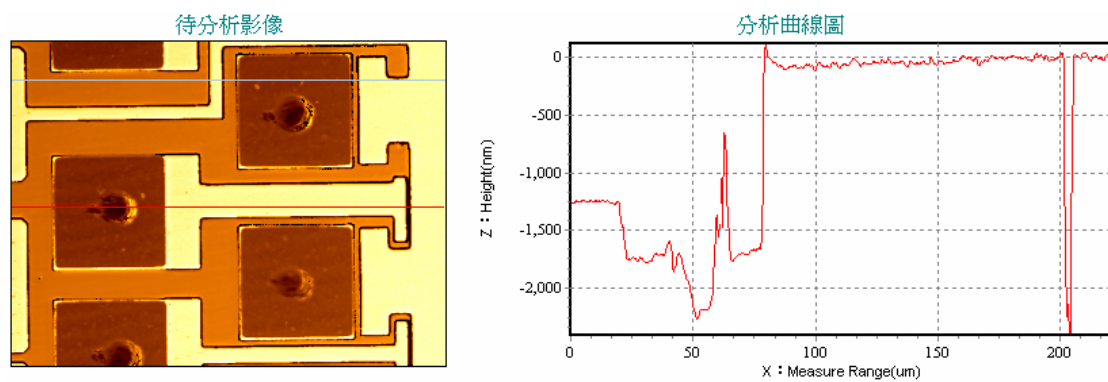


圖 8 設定門檻值量測的結果

伍、結論

本文提出利用訂定門檻值的方式量測透明多層膜的表面形貌的方法。由實驗證實，利用此方法可以成功的分辨出多透明層膜表面和其介面間所產生的干涉訊號，並正確量測透明多層膜的表面形貌。對於目前火紅的平面顯示器產業或半導體產業需要快速、非破壞的方式量測透明多層膜的表面形貌有很大的幫助。

陸、參考文獻

1. M. Davidson, K. Kaufman, I. Mazar, and F. (1987).Cohen, "An application of interference microscopy to integrated circuit inspection and metrology," Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. 775.
2. G. S. Kino and S. S. C. Chim, (1990). "Mirau correlation microscope," Appl. Opt. 32, 3438.
3. P. Hariharan, B. F. Oreb, and T. Eiju, (1987). "Digital Phase-Shifting Interferometry : a Simple Error-Compensating Phase Calculation Algorithm," Appl. Opt. 13, 2504.
4. Y. Y. Chang, J. C. Wyant, (1984). "Two-Wavelength Phase Shifting Interferometry," Appl. Opt. 23, 4539.
5. M. Li, C. Quan, C. J. Tay, I. Reading, S. Wang, (2005). "Measurement of transparent coating thickness by the use of white light interferometry," Proc. of SPIE, Vol. 5852, 401.