

# 偏光片-樣品-析光片之影像式橢圓偏光術

研究生：李康源

指導教授：趙于飛

國立交通大學

光電工程研究所

## 摘要

本論文將介紹一簡式影像式橢圓偏光術，此技術僅由偏光片、樣品及析光片所組成。此法只需要量測三個析光相位角之亮度就可以量測樣品的橢圓參數  $\Psi$ 、 $\Delta$  以及偏光片方位角偏差  $\alpha$ ，進而推算其折射率分佈。因為只需要量測三個亮度，不管是在量測速度還是資料處理上都可節省時間且具有一定的精準度，故而可作二維量測。由於在優化過程中須旋轉偏光片並造成光束偏差，我們選擇一楔型玻璃上非對稱油跡的重心作匹配及修正光束偏差。在文中將證明  $\alpha$  為樣品表面法線的方向，故  $\alpha$  不但可以判斷所量得橢圓參數的準確性及樣品表面的平整性，並可以用來量測樣品表面法線變化的方向。本文將此簡式影像式橢圓偏光術應用在非均勻平面 (GRIN lens) 材料光學參數之量測，及平凸透鏡之量測；我們不但量出了漸變式光纖折射率的徑向分佈並證明其表面的平整度，另外也量出平凸透鏡的曲率半徑及折射率。此法可將橢圓偏光術延伸到曲面薄膜量測。

# Polarizer-Sample-Analyzer (PSA) imaging ellipsometry

Student : Kan-Yan Lee

Adviser : Dr.Yu-Faye Chao

Institute of Electro-Optical Engineering  
National Chiao Tung University

## Abstract

This work presents a simple three-intensity measurement technique to determine the ellipsometric parameters ( $\Psi$ ,  $\Delta$ ) and the azimuth deviation of the polarizer ( $\alpha$ ) in a polarizer-sample-analyzer (PSA) imaging ellipsometer. Since we have to improve the ellipsometric measurements by using polarizer's azimuth at  $45^\circ$  and  $-45^\circ$ , the parasitic error of the beam deviation in rotating element ellipsometry is solved by a nonuniform dirt spot on the wedge glass. We will prove that the  $\alpha$  can be used to measure the normal direction of surface, so we can use it to measure the surface topography. In addition to measure the refractive index profile of a GRIN lens, we also measure the refractive profile and radius curvature of a Plano-convex lens by means of this imaging ellipsometric technique.

# 目 錄

	頁次
中文摘要 .....	1
英文摘要 .....	2
目錄 .....	3
圖目錄 .....	5
表目錄 .....	7
第一章 緒論 .....	8
第二章 原理 .....	13
2.1 橢圓偏極態理論 .....	13
2.1.1 瓊斯向量 .....	14
2.1.1 史托克向量與穆勒矩陣 .....	16
2.2 橢圓參數 $\Psi$ 與 $\Delta$ 之定義 .....	23
2.3 PSA 橢圓偏光術 .....	29
2.4 偏光片與析光片方位角具誤差下之優化法 .....	32
第三章 系統校正 .....	35
3.1 偏光片與析光片之偏光角校正 .....	36
3.1.1 粗調 .....	36

3.1.2	微調.....	36
3.1.3	方位角校正之實驗步驟.....	37
3.2	旋轉偏光片所造成入射角偏差之校正.....	40
3.3	PSA 影像式橢圓偏光術之薄膜量測.....	43
第四章	非均勻平面與均勻曲面材料之研究.....	46
4.1	非均勻平面材料之量測.....	47
4.1.1	工作原理與數值運算.....	48
4.1.2	實驗架構與步驟.....	49
4.1.3	結果與討論.....	50
4.2	均勻曲面材料之量測.....	53
4.2.1	結果與討論.....	54
第五章	結論.....	60
參考文獻	.....	62
附錄 A	.....	64
附錄 B	.....	66
附錄 C	.....	76



# 圖目錄

	頁次
圖 2-1 橢圓偏振光示意圖.....	18
圖 2-2 線偏振光示意圖.....	18
圖 2-3 圓偏振光示意圖.....	18
圖 2-4 單次反射型示意圖.....	24
圖 2-5 多次反射型示意圖.....	26
圖 2-6 反射光之強度分佈圖.....	30
圖 3-1 測量偏光片穿透軸之架構圖.....	36
圖 3-2 PSA 系統實驗裝置圖.....	37
圖 3-3 不同入射角下所量測之方位角偏差圖.....	39
圖 3-4 楔型玻璃上的非對稱油跡.....	41
圖 3-5 PSA 影像式橢圓儀實驗裝置圖.....	41
圖 3-6 旋轉偏光片後橢圓參數 $\Delta$ 的分佈圖.....	42
圖 3-7 雷射光點在電荷耦合偵測器上的有效工作範圍.....	42
圖 3-8 標準校正片.....	44
圖 3-9 薄膜厚度分佈圖.....	44
圖 3-10 偏光片方位角偏差分佈圖.....	45

圖 4-1	利用不同優化方法之數值模擬結果.....	49
圖 4-2	不同優化方法所得 BK7 玻璃折射率分佈圖.....	50
圖 4-3	GRIN Lens 折射率分佈曲線與方位角偏差分佈圖.....	52
圖 4-4	GRIN Lens 之折射率剖面分佈圖.....	52
圖 4-5	水與酒精之折射率及 $\alpha$ 之分佈圖.....	55
圖 4-6	不同傾斜角之 SiO <sub>2</sub> / Si 平面所得 $\alpha$ 分佈圖.....	55
圖 4-7	$\alpha$ 之分佈及與斜率之線性擬合結果.....	57
圖 4-8	BK7 透鏡之折射率修正前與修正後分佈之結果.....	58
圖 4-9	影像式橢圓儀在表面形貌量測上的應用範圍.....	59



## 表目錄

	頁次
表 1 : 不同入射角下所量測之方位角誤差結果.....	39
表 2 : Sopra 橢圓儀量測之結果.....	45

