

第一章 緒論

1-1. 背景

幾百年來，如何探測微小事物對物理界而言一向是重要的課題，而科學家在這方面的熱衷也一直持續至今。因為顯微技術的出現激起了科學家們對於各方面領域在研究微小尺度上的好奇心。不論在生醫、物理，甚至材料科學，我們經常要藉由顯微鏡的幫忙以探測肉眼難以觀察的微觀世界，且佐以顯微鏡所觀察到的繞射效應等波動性質，我們同時也能驗證許多在物理光學上的相關理論，以便人類更加了解光的特性。

十七世紀末期, Leeuwenhoek 及 Hook 發現所有的事物都能藉由單一或組合透鏡而得到放大成像，而 Hook 更成功地製作出擁有兩百倍率的透鏡組，也就是延用至今的明視場光學顯微鏡之基本架構。顯微技術發展至今，科學家們已能專門針對不同目的、環境，而創造出各種不同的顯微鏡，尤其近年來發展之最新穎的顯微技術—掃描探針顯微鏡 (Scanning Probe Microscopy, SPM)，更提供了極佳的光學解析度。傳統的光學顯微鏡其解析度與光源波長有關，受限於繞射極限，波長愈小則解析能度愈佳，因此電子顯微鏡(Scanning Electron Microscopy, SEM)利用射出之電子波的極短波長而得到超高解析度。而 SPM 的操作原理則是利用微小探針在樣品表面上掃描後再將點資訊重新組合成像，因於掃描的方式可以避免透鏡之像差，故其解析度可以大幅提升。此外，利用

SEM 成像前，樣品必須先經過冷凍、乾燥、薄化及抽真空等處理，而 SPM 則不需如此複雜的程序，也因而大幅提升實驗效率。

目前我們最常見的掃瞄探針顯微鏡包括原子力顯微鏡(Atomic Force Microscopy, AFM)、靜電力顯微鏡(Electrostatic Force microscopy, EFM)、磁力顯微鏡(Magnetic Force Microscope, MFM)、掃瞄穿隧顯微鏡(Scanning Tunneling Microscope, STM)、側向力顯微鏡(Lateral Force Microscopy, LFM)以及近場光學顯微鏡(Near-field Scanning Optical Microscopy, NSOM)等，這些顯微鏡的構造與操作方式都很類似，主要差異在於探針結構及製作技巧，其探針透過不同物性之量測(如凡德瓦力、高度差、磁性、光電特性等)，部份 SPM 甚至可得到原子等級解析度，而這些系統也成為各方面科學研究不可或缺的工具。

1-2. 研究動機

近年來積體電路的製作技術愈來愈精良，甚至已達到次微米的量級，傳統的光學透鏡成像的解析度漸不能滿足檢測樣品的要求，因此為得到高解析度並簡化樣品處理的流程，我們將採用 SPM 之掃瞄精神，並透過一般明視場顯微鏡聚焦方法[1]，設計一套遠場光學掃瞄系統以探測微小化製程後的積體電路結構。其中我們以波長 1064nm 的 Nd:YAG 雷射做為光源，以避免在做矽晶片背面成像時，光子因能階吸收[2][3]而無法穿透。此外，使用雷射做光源還有許多特性能符合實驗上的需

求，如高功率密度能使光探針能使反射訊號強烈；高準直性有助於光路的設計與模擬；而單色性則使系統能免於色差的困擾。

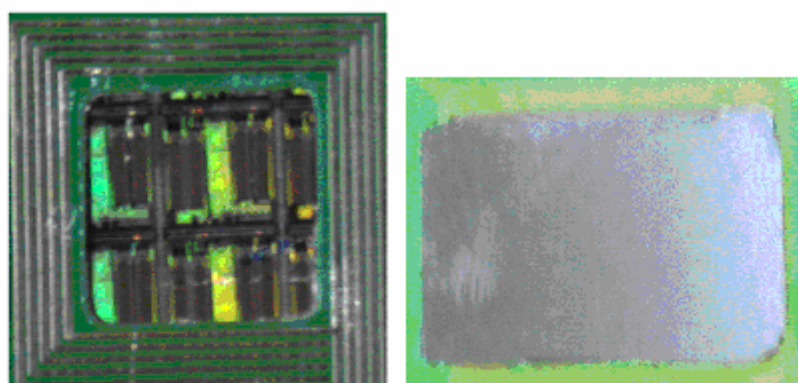
本實驗的目的在於設計出一套簡單而非侵入式之掃瞄系統，在設計考量裡，我們儘量省去不必要的加工或特殊需求，並以便捷性與高解析度為主要訴求。如文獻[4]與[5]裡固態耦合透鏡成像方法(Numerical Aperture Increasing Lens, NAIL)，在成像前晶片背面必須先置入額外的固態耦合透鏡增加數值孔徑，因此除了要訂製特殊的矽質透鏡外，晶片也必須經過拋光才能有效耦合；而文獻[6]裡的雷射電壓探測(Laser Voltage Probe, LVB)系統，則是利用入射光子與正反器電路中的 P-N 接點產生光電效應後量測端點電壓值，以達到偵錯的目的，但這樣的方法除了要準備額外的電子系統外，其成像解析度也有限。另外，常見的探測技術還包括光致使電壓變化(Light Induced Voltage Alterations, LIVA)[7]及光致使電流(Optical Beam Induced Current, OBIC)[8]，這兩種方法都是透過量測光電效應後所產生的電流電壓訊號來成像，一般這類非光學成像系統的應用有限，且成像也較為粗糙。

故本論文將重心將歸到光學系統上，最後並將此系統應用在輸入電源之晶片上，以模擬缺陷發生時，異常大電流在晶片中產生的熱擴散對於成像有何影響[9]。

綜合以上敘述，本論文中所設計的遠場光束瞄式顯微鏡之要求與目

標整理如下：(a)微米等級的光學探針，並且有足夠的光能以得到良好的訊噪比，(b) 良好的控制系統，能精準操控掃瞄器的定位與反應速度，(c)高感測之光偵測器，以及(d)訊號重組與影像處理軟體等功能以進一步能透過數位影像方法更進一步提升照片品質。

圖 1-1 為本實驗所採用的晶片，正面為金屬接點所覆蓋，光源無法入射；背面為一平整的基板，可用紅外光源檢測。故設計系統時我們以背面掃瞄成像為主要考量。



晶片正面圖

晶片反面圖

圖 1-1 晶片正反面比較圖

1-3. 章節概要

本論文共分為五章，各章節之內容分別簡述如下：

第一章 緒論

說明本論文與實驗背景、研究動機與實驗方法。

第二章 系統架設與模擬

內容主要是說明光學系統架設之設計想法以及其在實際實驗上

所遭遇到的問題。我們首先設計此顯微鏡系統，利用矽晶片正面電極良好之反射特性進行掃瞄得到清晰成像以分析光學系統，主要針對光探針的尺寸、移動間距也會有詳細的討論與成果比較。除此之外，我們也輔以光學模擬軟體進行分析與確認光路的架設細節，最後則展示模擬與實際掃瞄的成果。

第三章 掃瞄系統應用在矽晶片背面成像的考量與分析

敘述第二章的掃瞄系統應用於背面掃瞄時會遭遇的困難，包含了基板表面反射，物鏡工作距離分析，雜訊干擾等問題，而提出一套解決的辦法。

第四章 數位影像處理

在此章節，我們則概要性地介紹如何透過電腦數位影像演算法來平滑或強化影像對比以得到更高解析度的圖片。而演算過程的偽碼(pseudo codes)則附於論文最後附錄中。

第五章 總論與未來工作

參考文獻:

- [1] SHU-WEI HUANG, HONG-YAO MONG, AND CHAU-HWANG LEE "Super-Resolution Bright-Field Optical Microscopy Based on Nanometer Topographic Contrast," Research Center for Applied Sciences, pp. 180-185, 2004.
- [2] Prof. Dr.-Ing. Dickmann, " Nd : YAG Laser Diodelaser Pumped," (<http://www.meos.com/PDF/ENP-ALL.pdf>), pp.28-29.

[3] James C. Sturm, Member and Casper M.Reaves “ Silicon Temperature Measurement by Infrared Absorption : Fundamental Processes and Doping Effects” IEEE Transaction on Electron Devices. Vol.39. No.1, pp.81-88, January 1992.

[4] S. Thorne, S. B. Ippolito, M. Eraslan, B. Goldberg, M.S. Ünlü, and Y. Leblebici, “High Resolution Backside Thermography using a Numerical Aperture Increasing Lens,” Proceedings of 29th International Symposium for Testing and Failure Analysis, Santa Clara, CA, 2-6 November 2003.

[5] Bennett B. Goldberg, S. B. Ippolito, Lukas Novotny, Zhiheng Liu, and M. Selim Ünlü, “Immersion Lens Microscopy of Photonic Nanostructures and Quantum Dots,” IEEE Journal of Volume 8, Issue 5, pp.1051 -59, Sept.-Oct. 2002.

[6] Wai Mun Yee, Mario Paniccia, Travis Eiles, Valluri Rao, “Laser Voltage Probe (LVP): A Novel Optical Probing technology for Flip-Chip Packaged Microprocessors,” Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits, 1999. Proceedings of the 1999 7th International Symposium, pp.15-20, 5-9 July 1999.

[7] Cole Jr, Edward I. ,” Global fault localization using induced voltage alteration,” Physics Letters , Volume: 41, Issue: 8, pp. 1145-1159, August, 2001.

[8] E. Ramsay, N. Pleyne, D. Xiao, R. J. Warburton, D. T. Reid, “Two-photon optical-beam-induced current solid-immersion imaging of a silicon flip chip with a resolution of 325 nm,” Optics Letters, Volume 30, Issue 1, pp.26-28, January 2005

[9] V. M. Dwyer, A. J. Franklin and D. S. Campbell, "Thermal failure in semiconductor devices," Solid-St. Electron. vol. 33, pp. 553-60, 1990.