

以散條增進焦深與改善禁止間距之模擬

及全條減光散條之製備

碩士生：胡繼仁

指導教授：龍文安博士

國立交通大學應用化學研究所

摘要

微影未來趨勢為使用濕浸式、偏振光與偏軸發光，但禁止間距將更嚴重。

本論文重點有二，第一為以模擬探討散條增進焦深與改善禁止間距之效果，第二為適用之全條減光散條材料製備。

電腦模擬，使用美國 KLA-Tencor 之微影模擬軟體 Prolith v. 9.0，線寬為 90 奈米，光源使用 193 奈米波長、數值孔徑為 0.85、門檻光強為 0.3、照射寬容度為 6 %、阻劑厚度為 270 奈米、焦深設定 300 奈米為可接受值，調整各項製程參數進行模擬計算。

散條可分全條遮光、全條減光、陣列減光三種，可修正光學鄰近效應，以增進解像度與焦深，此三種散條各有其利弊。

模擬發現，以四扇面偏軸發光、濕浸式、Y-偏振光和減光型相移圖罩組合對焦深效果最佳。最適化聚焦面約在阻劑厚度 0.66-0.75 之間，即阻劑半高以上。

全條減光散條材料首先以史密斯教授(B. W. Smith)網站篩選材料性質，再實際製備，量測其光學性質，計算值與實作之間的差異在 $\pm 16\%$ 之內。

The simulations of increasing DOF and improving Forbidden Pitch by Scattering Bar (SB), and fabrication of Whole Bar Attenuation (WBA)

Student: Hu Ji-ren

Advisor: Dr. Loong Wen-an

Institute of Applied Chemistry, National Chiao Tung University

Abstract

Immersion, polarization and off-axis illumination (OAI) are the trends of future lithography systems; however, forbidden pitch will become serious problem.

There are two points in this thesis: (1) We discussed the simulation results of scattering bar to increase Depth of Focus (DOF) and improve forbidden pitch. (2) The fabrication suitable Whole Bar Attenuation (WBA) materials.

In the simulation part, the software we used is Prolith v. 9.0 of KLA Tencor, choosing the 193 nm wavelength, 90 nm line width, 0.85NA, threshold intensity 0.3, Exposure Latitude 6 %, 270 nm resist thickness and acceptable value of DOF is 300 nm, tuning all the parameters to do the calculation.

Scatting Bar can be varied by three different kinds, inclusive of Whole Bar Opaque (WAO), Whole Bar Attenuation and Array Attenuation (AA). They can correct the optical proximity effect (OPE), to improve resolution and DOF. They all have specialized advantages and disadvantages.

The best combination is Quasar, immersion, Y-polarized, Attenuated Phase Shifting Mask for DOF. The optimized focal plane is about 0.66 to 0.77 times of the resist thickness which means upward the half-height of the resist.

First of all, we sifted the material of WBA from Dr. Smith's website, then to fabricate practically to measure optical properties. The difference between

theoretic values and practical values is about $\pm 16\%$.



誌 謝

感謝吾師龍文安教授於學生就學期間給予的教導與鼓勵，不管在學業、待人處事、生活禮儀等等，老師的諄諄教誨學生不敢一日有所遺忘，在此謹向老師致上最誠摯的感謝。

感謝口試委員謝宗雍教授與吳建興教授於百忙中撥冗審閱論文，不吝指教，惠賜寶貴意見，獲益良多。

感謝交大半導體中心與國家奈米元件實驗室，提供儀器設備使用，並且給予各項協助與指導。

感謝本實驗室的葉文隆學長、林志鴻學長、呂廷軒學弟於研究過程中給予之協助與鼓勵；交大半導體中心的胡進章先生於實驗儀器上的協助與教導；感謝材料系的張家源學長，於實驗過程中提供建議與協助，使本論文能夠順利完成。

感謝其它實驗室的同學及好友建億、勃遠、為泰、培真、大傳、馨予、梅雪，陪我渡過這兩年的碩士班生涯，分享許多快樂與憂傷。

最後，要感謝父母親，於生活上給我關懷與鼓勵，使我求學能無後顧之憂。因為你們的協助與參與，使我兩年來的生活更加精采，更有意義。

謝謝你們，僅以這篇論文獻給老師、家人、同學與所有幫助過我的朋友。祝福大家，身體健康，萬事如意。

目 錄

| | |
|---------------------|------|
| 中文摘要 | i |
| 英文摘要 | ii |
| 誌 謝 | iv |
| 目 錄 | v |
| 表目錄 | vii |
| 圖目錄 | viii |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 第二章 文獻回顧 | 4 |
| 2.1 禁止間距 | 4 |
| 2.2 傳統發光和偏軸發光 | 5 |
| 2.3 濕浸式微影 | 7 |
| 2.4 光學鄰近效應 | 8 |
| 2.5 微影模擬 | 13 |
| 第三章 模擬與實驗方法 | 15 |
| 3.1 模擬設計 | 15 |
| 3.2 全條減光實驗物品 | 20 |
| 3.3 實驗儀器 | 21 |

| | | |
|-------------|-------------------|-----------|
| 3.4 | 實驗步驟..... | 21 |
| 3.5 | 應用公式..... | 24 |
| 第四章 | 結果與討論..... | 28 |
| 4.1 | 禁止間距產生之問題..... | 28 |
| 4.2 | 模擬焦深之結果..... | 28 |
| 4.3 | 光學性質之線上計算..... | 33 |
| 4.4 | 全條減光量測結果..... | 33 |
| 4.5 | 全條遮光之探討..... | 35 |
| 4.6 | 全條減光之探討..... | 35 |
| 4.7 | 陣列減光之探討..... | 37 |
| 第五章 | 結論..... | 39 |
| 參考文獻 | | 87 |
| 自傳 | | 92 |



表 目 錄

| | | |
|-------|---------------------------------|----|
| 表 1.1 | 半導體發展的大事記..... | 41 |
| 表 1.2 | 2004 年 ITRS 所定義的關鍵性微影需求..... | 43 |
| 表 1.3 | ITRS 所發表未來數年之微影技術路圖..... | 44 |
| 表 2.1 | 全條遮光、全條減光、陣列減光之特性..... | 45 |
| 表 2.2 | 在 193 nm 波長下之減光材料之光學性質計算結果..... | 46 |
| 表 2.3 | 微影模擬各項參數..... | 48 |
| 表 4.1 | 各項光學性質量測結果..... | 49 |



圖 目 錄

| | | |
|--------|--|----|
| 圖 2.1 | 偏軸發光時，一級光進入圓心區，形成背影光造成 NILS 與 焦深下降..... | 50 |
| 圖 2.2 | 各類型偏軸發光型式..... | 51 |
| 圖 2.3 | 乾式和濕浸式投影系統..... | 52 |
| 圖 2.4 | 濕浸式微影..... | 52 |
| 圖 2.5 | 濕浸式各裝置設計..... | 53 |
| 圖 2.6 | 光學鄰近效應形成型態..... | 54 |
| 圖 2.7 | 光學鄰近效應修正圖案修飾設計..... | 55 |
| 圖 2.8 | 孤立線相對於密集線之修正示例..... | 56 |
| 圖 2.9 | 散條修正可增大製程視窗重疊區示意圖 | 57 |
| 圖 2.10 | 全條減光之圖罩..... | 58 |
| 圖 2.11 | 陣列減光之圖罩..... | 58 |
| 圖 2.12 | 雙光強圖罩、加入單一全條遮光、加入單一陣列減光適用之 繞射光幅..... | 59 |
| 圖 4.1 | 模擬計算焦深對間距之影響(A1-A4)..... | 60 |
| 圖 4.2 | 模擬計算焦深對間距之影響(B1-B4)..... | 61 |
| 圖 4.3 | 模擬計算焦深對間距之影響(C1-C4)..... | 62 |

| | | |
|--------|---|----|
| 圖 4.4 | 全條遮光之模擬設計 | 63 |
| 圖 4.5 | 模擬計算焦深對間距之影響(A1+全條遮光)..... | 64 |
| 圖 4.6 | 全條減光之模擬設計 | 65 |
| 圖 4.7 | 模擬計算焦深對間距之影響(A1+全條減光)..... | 66 |
| 圖 4.8 | 陣列減光之模擬設計 | 67 |
| 圖 4.9 | 模擬計算焦深對間距之影響(A1+陣列減光)..... | 68 |
| 圖 4.10 | 各種散條之模擬計算焦深對間距的影響..... | 69 |
| 圖 4.11 | 模擬計算焦深對間距之影響(A2+陣列減光)..... | 70 |
| 圖 4.12 | 模擬計算焦深對間距之影響(A3+陣列減光)..... | 71 |
| 圖 4.13 | 模擬計算焦深對間距之影響(A4+陣列減光)..... | 72 |
| 圖 4.14 | 模擬計算離焦對焦深之影響(最適化聚焦面在阻劑半高以上)..... | 73 |
| 圖 4.15 | 模擬計算之最適化聚焦面(在阻劑半高以上)..... | 74 |
| 圖 4.16 | 離焦對阻劑設計線寬 90 奈米的影響..... | 75 |
| 圖 4.17 | 成像之關鍵尺寸對離焦之影響..... | 76 |
| 圖 4.18 | 由 B. W. Smith 教授之網站對 Si_3N_4 之光學性質量測..... | 77 |
| 圖 4.19 | 由 B. W. Smith 教授之網站對 SiO_2 之光學性質量測..... | 78 |
| 圖 4.20 | Si_3N_4 之光學性質量測..... | 79 |
| 圖 4.21 | SiO_2 之光學性質量測..... | 80 |

| | |
|--|----|
| 圖 4.22 Si ₃ N ₄ 之光學性質量測..... | 81 |
| 圖 4.23 SiO ₂ 之光學性質量測..... | 82 |
| 圖 4.24 全條遮光寬度太大，易成像..... | 83 |
| 圖 4.25 全條減光寬度太大，易成像..... | 84 |
| 圖 4.26 全條減光相移角度對相對光強圖..... | 85 |
| 圖 4.27 陣列減光寬度太大，易成像..... | 86 |

