

IC光罩應用介紹及其未來發展

◆曾金池

中華杜邦光罩公司

業務部應用工程

經理

摘要

光罩乃IC製程中重要的一環，本文主要敘述IC光罩在IC工業的角色、IC光罩製作流程及目前應用現況與未來的發展，同時說明中華杜邦光罩公司的技術能力與研發概況。

關鍵詞

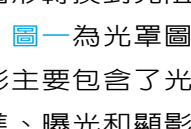
IC製程(IC Process)；IC光罩(IC Photomask)；中華杜邦光罩公司(Dupont Photomasks Taiwan Ltd.)

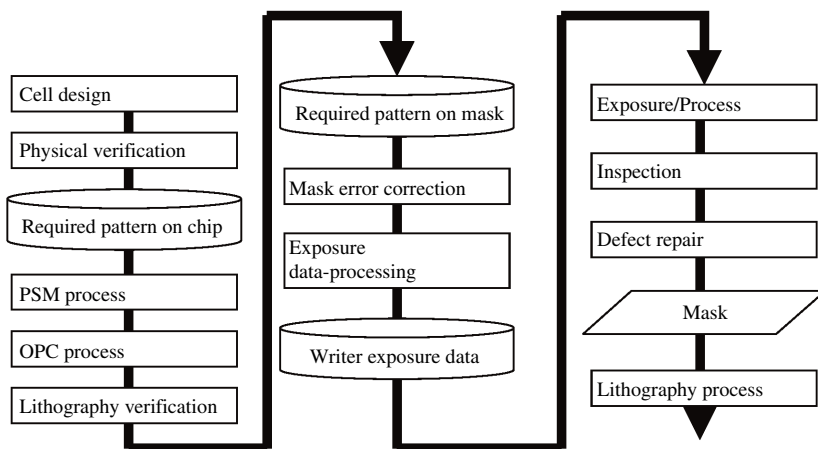
IC製程簡介

IC (Integrated Circuit, 積體電路)，又被稱為是「資訊產業之母」，是資訊產品最基本、也是最重要的元件。IC是將電晶體、二極體、電阻器及電容器等電路元件，聚集在矽晶片上，形成完整的邏輯電路，以達成控制、計算或記憶功能，為人們處理各種事務。IC種類複雜，但可粗分為記憶體IC、微元件IC、邏輯IC及類比IC四大類。IC的製作過程，由矽晶圓開始，經過一連串製程步

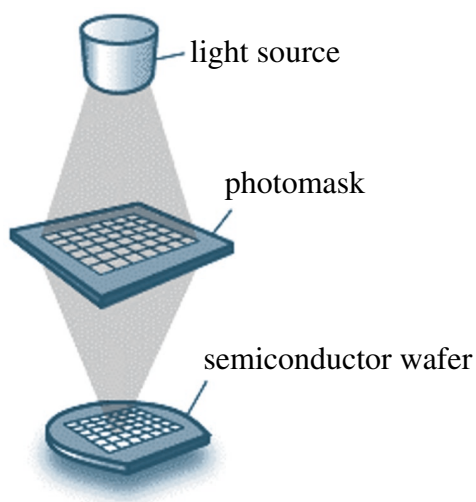
驟，包括光學顯影、快速高溫製程、化學氣相沉積、離子植入、蝕刻、化學機械研磨與製程監控等前段製程，以及封裝、測試等後段製程方始完成。

IC光罩在IC工業的角色

光學顯影是在光阻上經過曝光和顯影的程序，把光罩上的圖形轉換到光阻下面的薄膜層或矽晶上。圖一為光罩圖形轉換示意圖。光學顯影主要包含了光阻塗佈、烘烤、光罩對準、曝光和顯影



▲圖二 光罩製作流程圖



▲圖一 光罩圖形轉換示意圖

等程序。小尺寸之顯像解析度，更在IC製程的進步上，扮演著最關鍵的角色。

由於光學上的需要，此段製程之照明採用偏黃色的可見光。因此俗稱此區為黃光區。由於光罩扮演IC電路圖形轉換(Pattern transfer)的角色，其重要性可見一斑。因主被動元件的線路密集化，微影製程的最小線寬需求越來越小，為延續現有微影機台的生命週期，下列幾項技術為主流解像度增強技術(Resolution Enhancement Technique)。

(1) 偏軸發光(Off-Axis Illumination,

OAI)

(2)相移光罩(Phase Shift Mask, PSM)

(3)光學近距效應修正(Optical Proximity Correction, OPC)

(4)雙層阻劑系統(Bi-layer Resist System)

其中相移光罩、光學近距效應修正為光罩相關技術，將在下一段落詳加敘述。

IC光罩製作流程及目前應用現況

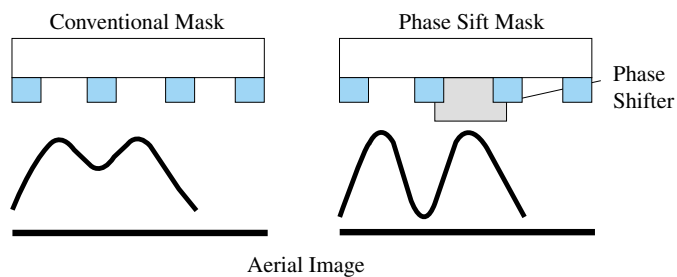
一、製作流程

光罩製作流程與IC的微影製程類似，惟其前段之資料處理及後段檢驗有所不同，目前光罩之尺寸以5吋及6吋石英(Quartz)的基材為主，光罩圖形讀寫機(Mask pattern writer)可分為電子束光罩圖形讀寫機及雷射光罩圖形讀寫機。圖二為光罩製作流程圖。

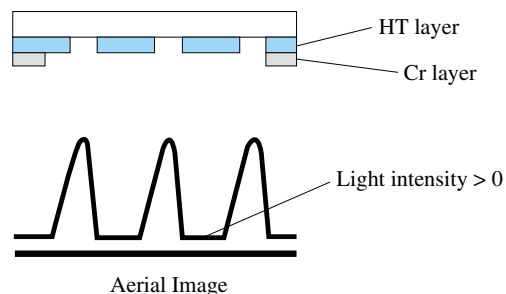
二、相位移光罩(Phase Shift Mask, PSM)

1982年IBM Mr. David Levenson發明了相位移光罩，主要的原理是利用相鄰光束的電場相位移180度，形成破壞性干涉(Destructive interference)，使得空間影像(Aerial Image)的對比度(Contrast)得以提高。如圖三所示。

相位移光罩發展至今已具有許多修正的應用型式出現，其中以半透式相位移光罩(Half Tone Phase Shift Mask, HTPSM)為目前工業界使用的主要種類。半透式



▲圖三 相位移光罩使空間影像的對比度提高



▲圖四 半透式相位移光罩改善對比度之光學示意圖

相位移光罩因其製程與傳統鉻膜光罩(Chrome Mask)類似，而有較高的製作良率(Yield)。其基材主要是以鉬化矽(MoS₂)的合成物取代鉻膜製備而成，通常根據黃光微影的需求，而有不同比例的穿透度(Transmittance)。圖四為半透式相位移光罩改善對比度之光學示意圖。其中半透膜的光強度(Light Intensity)因未達光阻劑(Photoresist)之臨界能量(Threshold Energy)而不會顯於光阻劑上。



▲圖五 OPC光罩設計實例

光罩的讀寫時間(Writing Time)亦增加了數倍，因而影響光罩的交期，而光罩交期通常也是影響客戶產品上市的關鍵因素之一。

隨著晶片設計準則(Design Rules)縮小到0.13 μm以下，光罩的資料檔案越來越大，光罩的讀寫時間也以倍數地成長，因此黃光製程工程師與光罩工程師必須合作開發出最適化的模型基礎(Model Base) OPC及最大可用的格點尺寸(Grid Size)，以避免資料檔案過大、讀寫及製程時間過長，而錯失產品上市的良機。

三、OPC (Optical Proximity Correction)

由於線寬的縮小使得光的繞射對於對比度的影響更為顯著，而使圖形產生了圓角(Corner Rounding)、線端的回縮(Line-end shortening)、線寬的變異(CD variation)等光阻圖形失真情況。藉由修正光罩資料的圖形設計可使這些圖形失真的狀況獲得改善。圖五為OPC光罩設計實例。其中輔助線型(Assist Feature) OPC可改善主線(Main Feature)的空間影像對比度及聚焦深度(Depth of focus)與相移光罩有相似的效果。不過加上這些額外的細小圖形，使得資料檔案驟增數倍，因此

四、全球最大專業光罩製造商—美商杜邦光罩

美商杜邦光罩在全球有十三處製造據點，分布於北美洲、亞洲及歐洲，以便就近提供客戶最佳的服務，完善的企

業內部網路，可提供客戶即時的圖形驗證程序所需。位於美國德州的Reticle Technology Center致力於0.13 μm 製程以下所需的光罩技術研發，其所研發的技術再完全拷貝至全球的製造據點，以發揮資源集中、成果共享的理念。使得研發的成本可以降低以維持企業的競爭優勢。

由於美商杜邦光罩製程技術的能力，他們同時也製造光罩所需的原料，光罩空片(Photomask Blank)及光罩覆膜(Pellicle)，這種垂直整合的企業模式可提供更佳的成本及品質管理。

1999年美商杜邦光罩與聯華電子合資成立中華杜邦光罩公司，以就近服務台灣及亞洲地區客戶，目前已通過客戶0.15 μm 製程認證，並已引進0.13 μm 所需的光罩讀寫機台，預計於2001年第四季完成客戶認證及量產。

未來的發展

根據ITRS的Roadmap指出於2002~2003年將進入0.1 μm 製程技術階段，這對光學微影成像將是極大的挑戰，半透式相位移光罩將不足提供足夠的解像度(Resolution)，而交替式相移光罩(Alternating Phase Shift Mask, Alt PSM)由於破壞性干涉的完整，而可以提供較佳的解像度，預計將成為193 nm ArF微影成像設備的搭配光罩技術。

電子束讀寫機台的加速電壓將從現在的50 KeV增加到100 KeV，以得到最佳的解像度，深紫外光(Deep UV)雷射光罩圖形讀寫機台也即將量產，將提供0.13 μm 以下光罩製程所需，其高產出(High Throughput)的特性將使高階光罩的產出不足得到紓解。

光罩缺陷檢驗(Defect Inspection)機台也是光罩製程的重要關鍵技術，深紫外光源波長的檢驗機台將可檢出光罩上0.1 μm 的缺陷，避免有缺陷的光罩在晶圓上形成重覆性的缺陷而影響晶圓的良率。

X-光微影成像(X-ray Lithograph)也是下世代可能的微影技術之一，但因X-光光源的設備體積龐大，無法達到經濟規模的要求，此外X-光圖罩製備也是瓶頸之一，目前尚停留在學術研究的階段。

前幾年引起廣泛討論的9吋光罩，因微影曝光機台無法製作出大直徑且穩定的鏡片，所以基於成本考量，300 mm製程仍將使用6吋光罩曝光。

在數年前有不少專家預測光學微影成像技術將會被其他技術所取代，當時的製程技術尚在0.25 μm ，不過隨著各種解像度增強技術的蓬勃發展及工程師的努力，成功地將微影曝光設備的使用週期延長至下一代，或許藉著光學微影設備及光罩技術的精進，在未來的十年，光學微影成像仍是微影成像的主流技術。

參考文獻

1. K. Kawate, et al., "Requirements for lithography and mask technology from standpoint of system LSI business," Proc. SPIE, Vol. 4066, pp. 2 - 16, 2000.
2. Lloyd C. Litt, et al., "Cost analysis of 4X and 6X 9-inch reticles for future lithography," Proc. SPIE, Vol. 3873, pp. 243-254, 1999.
3. www.amat.com.tw
4. www.photomask.com