

從 8 吋到 12 吋—晶圓漫談

許孟烈

國立暨南國際大學電機工程學系副教授

sheu@ncnu.edu.tw

什麼是晶圓？

晶圓(Wafer)是製造積體電路(Integrated Circuit, IC)的基本材料，通常是由矽(Silicon, Si)或砷化鎵(Gallium Arsenide, GaAs)等半導體(Semiconductor)所組成。目前積體電路產業以矽晶圓為主，因此本文主要是著墨於矽晶圓。

矽晶圓是利用特殊的拉晶(Crystal Pulling)裝置將熔化的純矽，緩慢旋轉逐漸拉升冷卻以獲得單晶(Crystal)結構的晶棒(Ingot)，如圖一(a)所示。矽晶棒再經過研磨、拋光、切片，即成矽晶圓，如圖一(b)所示。矽晶圓的表面光滑明亮如一片圓鏡，需要經過積體電路製造技術在晶圓的表面上製作電路元件，才能成為可用的積體電路。圖二的中間後方為 8 吋未經製作的晶圓，如鏡子般反射出筆者的身影，右邊是製作完成的 6 吋晶圓，左邊是 4 吋晶圓，中間前面則是製作完成的砷化鎵 3 吋晶圓。圖三是一個 6 吋晶圓和壹圓硬幣的比較，在晶圓的表面可以見到重複出現的電路圖樣，其放大的圖樣如圖右邊所示。製作完成的晶圓還要再經過測試、切割、封裝等過程，才能成為一顆顆具有各種功能的積體電路產品，如圖四所示。

積體電路製造技術

矽晶圓是目前製作積體電路的基底材料(Substrate)。矽晶圓本身雖然導電性不好，但是只要適當地加入一些離子，就可以控制它的導電性，在晶圓表面製造出不同種類的電子元件，如電晶體和二極體。IC 設計工程師必須依據不同功能利用這些電子元件設計電路，電路設計完成後，所設計的電路元件圖樣，透過積體電路製造技術，經過一系列繁複的化學、物理和光學程序製作到矽晶圓上，如圖五所示。完成的矽晶圓上產生出數以千、百計的晶粒(die)，這些晶粒必須逐一的進行測試、切割、封裝等過程，才能成為一顆顆具有各種功能的積體電路產品。

積體電路的製程是十分精密複雜的，其關鍵技術之一，即是在晶圓上製作細小寬度的線條圖樣，愈細的線條表示可以製作愈小尺寸的元件，也就是相同面積下可以有愈多的元件，愈多的元件則可以得到愈多功能的電路。目前成熟的製程技術已經可以製作細到 0.13 微米($\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$)左右的線條(一般人的頭髮直徑約在 50 微米左右)，這樣的製程技術可以在 1cm^2 大小的面積(大約小指的指甲大小)製作出數百萬個元件，這也是為什麼許多功能愈來愈多的電子產品可以愈作愈小的原因之一。

晶圓在臺灣積體電路產業的角色

臺灣的積體電路(IC)產業是一個專業分工極細的產業，整個產業結構圖如圖六所示，包含有晶圓、材料、製造、設備、光罩、IC 設計、CAD/CAE 設計軟體、封裝、測試…等相關業者，其中主要是包括上、中、下游的 IC 設計、製造、封裝、測試。此種垂直分工的產業型態在臺灣發展的非常成功，相較於國外整合型的大廠，專業的垂直分工方式使任一業者能將資源集中發展出

其領域的專長技術能力以及對市場變動的適應能力，這也是臺灣積體電路產業的競爭力。

臺灣早期的 IC 產業大致僅限於封裝與測試的代工，80 年代因資訊產業對於 IC 零件的大量需求，開始建立晶圓製造與代工廠，在製造與代工廠的帶動下，除了設備、材料與 CAD/CAE 設計軟體等部分還須倚賴國外廠商外，整個上中下游完整的 IC 產業結構已經成形。目前在矽晶圓的製程技術與代工能力上均居於世界領先的地位，除了現有的 20 幾座 8 吋晶圓廠外，並已經朝著 12 吋晶圓廠擴增以增加產能，同時也積極開發 0.1 微米以下新一代的製程技術，使臺灣能夠在矽晶圓的製程技術與代工能力上繼續居於世界領先的地位。除了晶圓代工以外，近幾年具有資金需求少、腦力集中與高附加價值力特性的 IC 設計業更是蓬勃發展，可預期將是未來臺灣整個 IC 產業朝向知識經濟發展提昇整體競爭力的一個重要關鍵。

晶圓代工廠的競爭力

晶圓代工廠的建廠與設備的初期投資成本相當的大，平時也有一定的運轉成本，因此必須有足夠的代工定單維持一定的產能利用率，才能夠獲利。競爭力是依賴多方面的，包括有設備、人員、技術、管理等，它必須提供設備、廠務與人員，還要提供穩定、高良率、高性能與高產能的技術，才能獲得客戶委託代工。12 吋晶圓廠雖然可以有比 8 吋晶圓廠大的產能，但是需要新的更大型的設備才能運轉，人員和設備也需要經過一段調整期才能穩定達到足夠高的良率 (Yield)，才能發揮最大的產能，這極度依賴良好的管理制度與優良的技術人員。由於整個積體電路產業的進展快速，約每 1.5~2 年就前進一個世代，一般的技術約可維持 4~5 年即失去競爭力，因此晶圓代工廠除了有足夠大的產能外，先進的製程技術的開發與掌握也是爭取客戶定單所不可或缺的。

為什麼矽晶片是圓的？

有很多原因使得矽晶片是圓形的。首先，矽晶片的形成是從矽熔爐中，旋轉並緩慢地拉伸出圓柱狀的矽晶棒；其次，晶圓外圍的電路圖樣原本就是屬於製造過程中的犧牲品；如果晶圓是四方形的，在處理、運送過程中，邊角上的晶粒反而很容易毀損。因此圓形的晶片是最有效率的面積使用方式。

晶圓的尺寸

晶圓的尺寸是以它的直徑來表示，單位是英吋(Inch)。從早期的 3 吋、6 吋，目前半導體廠主力的 8 吋，和下一代的 12 吋，它的演進是朝向大尺寸發展，如此才能在製造的過程中有較多的面積可以使用(12 吋晶圓的面積約是 8 吋晶圓的 2.25 倍)，也就是可以得到較多的晶粒，以降低製造的單位成本。

相關網站

矽晶圓 <http://www.taisil.com.tw/html/axx.htm>

IC 製程 http://www.ndl.gov.tw/ICFAB_CLASSROOM/MULTI_MEDIA/chinese1/index.htm

晶圓代工 <http://www.tsmc.com.tw/c-html/circuits/index.html>

IC 設計 http://www.cic.edu.tw/chip_design/design_intr/design_intr.html