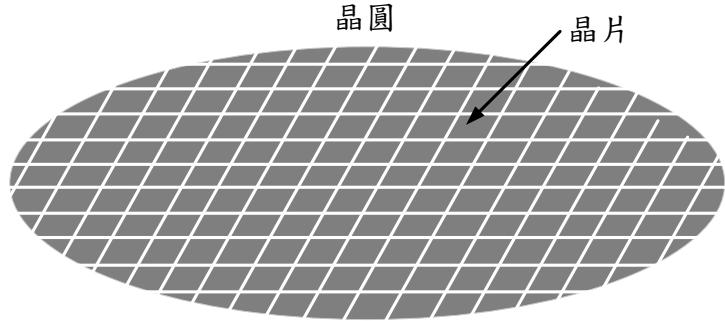


李家同

侯冠維

半導體晶片的生產流程，牽涉到製造、測試、封裝。晶圓廠製造完成的晶圓，通常是一片一片的 8 吋或 12 吋晶圓 (wafer)，一片晶圓上通常會有數百顆到數千顆晶片 (chip)，如圖一所示。



圖一

這一塊一塊的晶片在從晶圓上切割下來以前，每一個晶片都需要經過測試，確保每一個晶片的功能都是正確的，這種測試稱為晶圓測試 (wafer test) 或稱為裸晶針測 (chip probing test)，其目的是將製造過程中所產生的不良品淘汰掉，以確保產品的品質，避免客戶拿到這些不良品。

請看圖二。

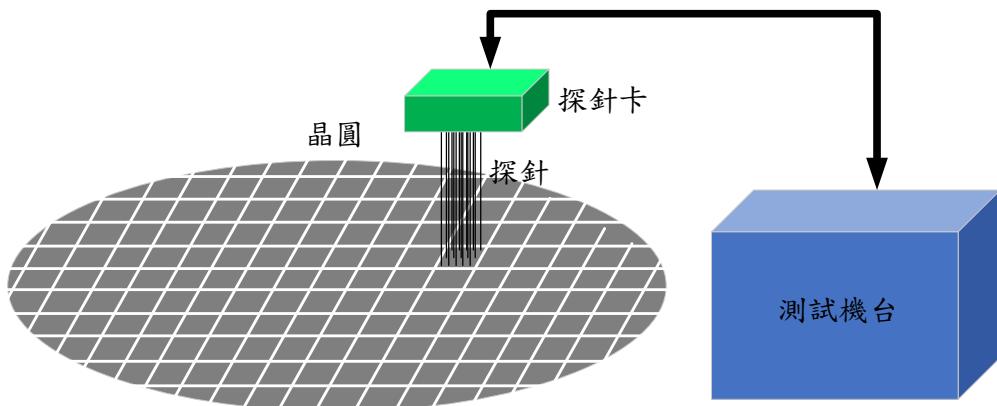


圖二

對任何一個線路，工程師最關心的是在製造過程中有沒有發生缺陷，造成有一個端點有短路或開路。以圖二的 A 點為例，A 點可能因為短路而接到地，這時 A 點的電壓就變成 0。如果 A 點和地的連線斷路，則 A 點的電壓會變成 VDD。要決定有沒有這種不正常現象，我們就要有一個電表，利用電表的探針去碰到 A 點，正常情況之下，A 點的電壓不是 0，也不是 VDD。如果有不正常的現象，電表可以顯示出來。如果要人工用電表一個點一個點去測量幾千個接腳，當然是不切實際的，此時自動化測試系統可以幫助我們。

自動化測試系統測試的可以是一片晶圓，測試晶圓上所有晶片的線路有無問題，分兩個階段：(1) 封裝前的測試、(2) 封裝後的測試。

封裝前的測試會用到一種叫做探針卡(probe card)的裝置，探針卡上有相當多的探針，探針的其中一端是連接到晶片，另一端則連接到測試機台，探針卡是一塊特別的印刷電路板 (PCB)，請看圖三。



圖三

每一個晶片都是由一家公司設計完成的，設計工程師知道晶圓上的哪些端點需要被測試，所以每一個探針卡都是客製化的。

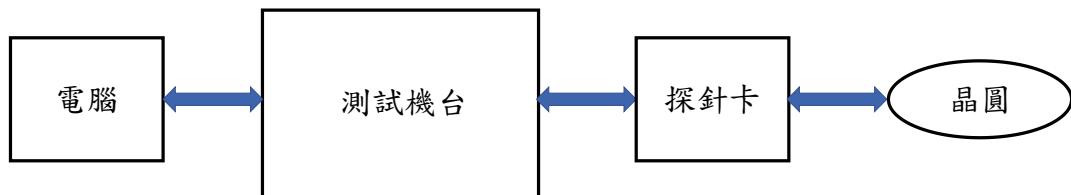
圖三只是一個示意圖，實際上，晶片上的接腳數量是非常多的，可能達到幾千個甚至上萬個，每一個接腳在晶片上是一個稱為探針墊 (probe pad) 的銅片。在測試的時候，探針要去觸碰這些銅片，因此探針的數量也是非常多的，這些探針全部都要被安裝在探針卡上面。

精密的探針卡的製作相當不容易，而台灣有好幾家公司能夠製作探針卡。此外，測試時可能同時要對好幾個晶片一起測試，機台在移動時要能夠非常精準的讓探針接觸到這些晶片的接腳，這種能夠相當精準地移動晶圓，使探針對

準晶片接腳的控制系統也是相當不容易的。

封裝以後的晶片測試，不用探針卡而用測試載板(load board)。load board可以將封裝後的晶片的接腳接到測試設備，測試的訊號可以經由接腳進入晶片。

我國已經有公司能夠自行設計並生產用來測試半導體晶片的自動化測試機台(Automatic Test Equipment, ATE)。這種自動化測試機台讓工程師可以在電腦上寫一個軟體程式來對半導體晶片進行測試，請看圖四。



圖四

由於測試程式是軟體，而測試機台是硬體，也許有讀者會好奇，軟體是怎麼控制硬體的。在此我們只能簡單的介紹。每一架電腦中都是有處理器(CPU)的，CPU能夠執行一個程式。測試機台上有很多暫存器(register)，並且這些暫存器都已經和電腦上的CPU連接起來，讓CPU可以控制這些暫存器。舉例來說，假如我們想要讓測試機台送出一個方波到晶片去，我們可以寫程式，讓CPU把某一個暫存器的內容變成1，而這個暫存器和測試機台上的某一個特別的線路連接在一起，當暫存器的內容是1的時候，這個線路就送出方波到晶片去。當然以上的介紹是極為簡化的，實際上的運作相當複雜，我們在此不可能詳細說明。

一般常見的晶片測試項目包含：短路測試、開路測試、漏電測試、供電測試、邏輯信號測試。每一種不同的測試功能，都需要特別的線路來實現，因此這家公司需要很多懂得設計這些線路的工程師。

值得一提的是，這家公司的晶圓測試系統有一些特色：

- (1)在漏電測試中，這家公司的測試系統能夠偵測到小於 nA (十億分之一安培) 的漏電。這是非常不容易的。
- (2)在邏輯信號測試中，他們所設計的線路，能夠產生高達 5Gbps (每秒產生 5 億個 0 與 1) 的信號。

(3)對於某些特殊的測試，可以提供超過 3000 伏特的大電壓脈衝。

(4)這個設備可以同時測試 wafer 上多顆晶片，因此測試機台必須確保每一個晶片收到的信號的電壓和電流要相同，誤差不能太大，機台跟機台之間的差異也不能太大，才能確保品質的一致性，測試機台的線路設計上需要特別注意。

(5)假如有某幾個晶片是有問題的，測試機台要有自我保護的機制，必須確保在測試的過程中，不能造成機台本身損壞。

(6)這家公司的工程師也要懂得如何透過軟體來控制硬體。由於一般的程式語言是沒有控制機台的功能的，為了讓使用者可以方便的操作他們的機台，他們也設計了特別的編譯器軟體，讓使用者可以用專門的程式來操作機台。

這家公司的晶片測試系統可以同時測試晶片上兩千個點，我們可以想見，這個系統內的硬體和軟體有多複雜。

全世界能夠生產這種機台的公司屈指可數，值得我們高興的是，台灣已經有公司能夠生產這種測試機台，也已經銷售給全世界很多的客戶。這架測試機台的開發幾乎花費了這家公司十年的時間，等到真正開始賺錢又是更久以後了，可謂十年磨一劍也。我們也應該慶幸，台灣有這種願意投入研發長達十年的公司，還有我們其實是有相當多非常優秀的工程師在默默努力的。