為台灣加油打氣專欄\_(114) 印刷電路板曝光機

李家同

 如果我們細看半導體製程，就會知道這個製程中有一個關鍵步驟，就是畫線，對大家來講畫線有什麼稀奇？小孩子也會在紙上兩條直線，可是如果線與縣中間的間隔是奈米(10億分之1米)級的，畫線就相當不容易了。所以我們通常要用光學技術才能達到這個目的。

 我在這裡介紹的曝光機不能用在半導體工業上，但是可以用在印刷電路板上。印刷電路板上當然也要畫很多的線，過去的作法如圖一：



圖一

 我們要有一個光罩，銅板上有感光的材料，如果在光罩上畫了一個十字，在銅板上就會有一個十字是沒有感光的，事後我們將已經感光的部分洗掉，十字就留在銅板上了。如果我們要在銅板上畫三條平行的直線，曝光機所造成的結果如圖二：



圖二

 當然我們也可以反過來做，那就是光照到的地方是直線。現在我要介紹的是一種新的技術，這種技術叫做直接成像，請看圖三：



圖三

 這種技術需要一個光組，這個光組上面有非常多的反射鏡，假設我們要在銅板上畫兩個黑點，這時候我們要有一個電腦來控制那些反射鏡，使得反射鏡所反射的光很正確地投到銅板上的位置，在圖三中可以看得到大多數的光都反射到銅板以外的地方去了，那就與銅板上面成像無關了。

 我們這樣想就對了，我們可以想見這個鏡頭上所射出的光線完全是我們所要的光線，所以我們就不需要光罩了。也許有一個想法可以幫助你們，假設你有一盞檯燈，檯燈裡面有很多的小燈泡，可是中間有一行是沒有燈泡的，這樣的燈罩在你的書上永遠中間有一到黑影，當然這種燈飾不可能有的，因為對一般生活上沒有什麼用。

 這個鏡頭很小，可是印刷電路板是很大的，所以我們的作法是要將鏡頭上下地移動，如圖四：



圖四

 在圖四，我們的鏡頭先往下移動，然後再往上移動，如此就可以使得整個銅板曝光了。有趣的是，在鏡頭裡面的光是用電腦控制的，請看圖五：



圖五

 在第一個位置，鏡頭一片空白；在第二個位置，鏡頭可以在銅板上畫一條從左上角到右下角的直線；在第三個位置，鏡頭上的直線從右上角到左下角；在第四個位置，又是一片空白。所以能夠有不同的像，乃是因為有電腦的程式事先寫好來控制那些反射鏡的。整個過程如圖六：



圖六

 最後的結果如圖七，這僅僅是一個示意圖，作為例子用的，真正的印刷電路板上面的線路當然不會是這個樣子的。



圖七

 這個曝光機是一個相當精密的儀器，當鏡頭上下移動的時候，必須要有一個線性馬達的驅動，而且所有零件的移動都不可以和任何其他東西相接觸，底座也不可以有晃動，請看圖八：



圖八

 各位可以看到我們的曝光機用的軸承是所謂的空氣軸承，底座是用花崗石做的，因此我們的滑軌和底座是沒有任何接觸的。

 還有一點，曝光機的鏡頭移動的時候必須要是直線，當然絕對的直線是不容易做到的，總會有一種誤差，請看圖九：



圖九

 圖九所示的誤差是相當誇張的，我們所用的滑軌已經非常精密，可是我們要求的是在鏡頭直線移動的時候只能偏差10萬分之1米。因此我們又用了一個很特別的控制器，叫做偏擺(yaw)補償控制器，偏擺最常用在飛機的機翼上。至於偏擺補償是這樣子的，我們使鏡頭在滑軌上移動，偏擺會記錄下任何稀微的誤差，假如行動偏左，偏擺補償控制器就會使得這個直線行動稍微往右一點，這樣最後的結果誤差就會更小了。

 我們國家有這種曝光機也不是一件容易的事，各位可以看得到這家機器絕對一個精密的設備，其中很多重要的零組件都可以在國內採購得到，當然很遺憾的是也有一些零組件仍然要向國外購買。

 如果我們也要有可以在半導體製程中使用的曝光機，就必須要投入更多的人力和時間，我所知道的這家公司非常希望政府有這種雄心壯志，使我們國家也有這種高級的曝光機。令他們感到擔憂的是，中國大陸已經投下相當多的人力在做半導體製程中使用的曝光機，在大陸這種公司都幾乎是國營的。我們國家雖然有很多的工程師對這些事情有熱情，可是有志難伸。

 最後，希望大家仍然給我們這些努力工作的工程師一些掌聲和鼓勵，沒有他們的努力，我們更加談不上所謂的精密工業。