為台灣加油打氣專欄(76)嵌入性非揮發記憶體

李家同

記憶體是大家一定都會用的，電腦裡面就有記憶體。這種記憶體有一個特性，那就是等到電源沒有了，不管過去是1或是0，現在一概歸零，這種記憶體我們可以叫做揮發性記憶體。當然我們有的時候也需要非揮發性記憶體，大家常用的隨身碟，裡面的記憶體就是非揮發性的，電源關掉了，記憶猶在，不會不見。

記憶體的製造和設計都是相當複雜的，需要特別的製程。我現在要介紹的是一種非常特別的記憶體，我把它叫做嵌入式記憶體。這種記憶體通常體積不大，是要被放在別人的晶片中。我過去曾經介紹過嵌入式CPU，嵌入式CPU也是要放在別人的晶片之中。這種記憶體其實是很特別的，但是非常有用，因為很多晶片中都需要一些記憶體。

一般晶片內部的重要零組件乃是電晶體(transistor)，電晶體是麻煩的一個東西，非三言兩語能夠介紹，因此我只能用最粗略的方法來介紹電晶體。請看圖一。



圖一

電晶體內部大致說起來就這三個玩意兒，要注意，在一般情況下，Gate(G)和Source(S)、Drain(D)的中間並不是良好的導體，是不能有電流通過的，所以你一定會問電流是怎麼流的?請看圖二。



圖二

如果G上面沒有電壓， S和D之間是不會有電流通過的，但是如果我們在G上面加上一個足夠大的控制電壓，我們就可以將S和D之間的通道打開，G就像是這個電晶體的開關。

當G加上控制電壓後，這個開關就打開了，此時只要將S加上一個比較高的電壓，D接地，所謂接地就是0電壓，如此就會使得S和D之間導通，電流可以從S流到D(電流永遠從高壓處流到低壓處)。至於控制電壓，通常是很小的，而且也可以有交流電壓，這個控制電壓就會控制電流的大小。要注意，我所講的電晶體柵極(Gate)是沒有電流通過的，它僅是一個控制Source和Drain通道的開關。

至於如何使得電晶體成為一個非揮發性記憶體，請看圖三。

FG

D

S

5V

0V

熱電子

圖三

我們要在G上放一個浮柵極(Floating Gate)，要注意，在一般情況下，Floating Gate(FG)和S、D的中間並不是良好的導體，是不能有電子通過的。現在，我們假設在S加一個比較高的電壓，這個電壓會使得電流從S流到D，當電壓夠高時，在S與D之間靠近D的地方，會產生能量高的熱電子(Hot Electron)，這些電子就有機率會跳進FG裡面，而因為FG與外界是絕緣的，電子進去了以後就被困住了出不來，即使電源斷了，FG內仍然有電子。這個過程，就是記憶體的寫入(Program)。

之後，我們只要去偵測FG內有沒有電子，如果有電子，記憶體內容就是0，否則就是1。那麼，要怎樣偵測FG裡面有沒有電子呢？我們發現一個有趣的現象，當FG裡面有電子存在的時候，S和D之間的通道會打開。因此當我們加上電壓時，假如S和D之間有電流，我們就知道在FG裡面是有電子的，此時記憶體內容就是0。反之，是S和D之間沒有電流，我們就知道此FG內是沒有電子的，記憶體內容就是1。這個過程，就是記憶體的讀取(Read)。因此，這種特別的電晶體成為了一個記憶體，而且是非揮發性的。

當然，關於這種記憶體的技術層面不是這麼簡單，我自己也搞不太清楚，即使搞清楚了，也不可能在短短的文章中把所有的技術都講清楚。值得注意的一件事是，在我們工程師的努力之下，讓這種記憶體製造起來非常簡單，一般的製程都可以製造，因為幾乎所有的晶片代工廠都會製造電晶體的，所以這種記憶體就可以裝在任何的晶片之中，使得晶片不僅僅有記憶體，而且也是有非揮發性的記憶體。

要在一般電晶體的製程裡面做出效果很好的非揮發性記憶體是不容易的，要做出很好的非揮發性記憶體，據我所知，至少需要非常高的溫度，但是一般電晶體製程卻又不能接受太過高的溫度。我們應該感謝一批清華大學的學生，他們畢業以後研發出一個新的製程，使得非揮發性記憶體能在一般電晶體的製程裡面做出來，可見得我們的教育是相當不錯的。

這家公司有345個專利，還有187個在審查之中。可以製作這種記憶體的代工工廠有20家之多，全世界有30億顆晶圓中嵌入了這種記憶體。

這家公司的負責人仍然勸年輕人要從基本做起，懂得越多，經驗越多，才可能有很好的想法。年輕人如果沒有什麼經驗和學識，那就不要成天想創業。