

硬碟機的運作原理

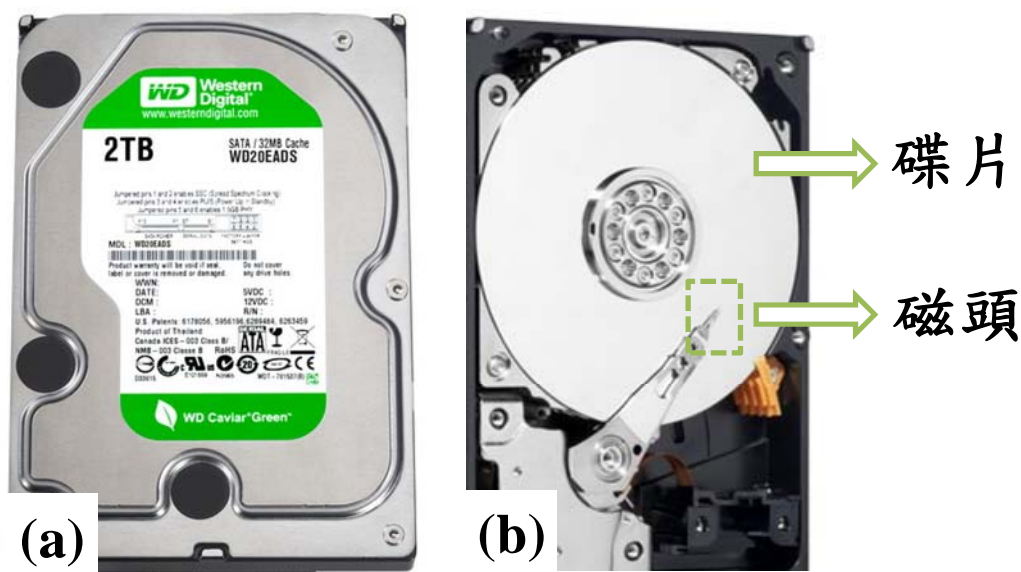
清華大學材料系賴志煌

穩定、經濟的儲存技術---硬碟機

自西元 1956 年 IBM 公司發明第一顆硬碟機(又稱磁碟機，因為是靠磁訊號儲存資料)，硬碟機發展至今已超過五十年的歷史。近年來，在人們對於資訊需求日增的刺激下，資訊儲存產業以相當驚人的速度在蓬勃發展，其中硬碟裝置是目前最廣泛使用的數位記錄媒體，舉凡電腦周邊、iPod 音樂播放器、網路資料儲存伺服器都是利用硬碟作為儲存的媒介，且硬碟中的資訊可以穩定儲存長達十年之久。目前在市面上的硬碟產品，容量大、價格低廉、可重複讀寫，每十億位元組(GB)的成本僅為新台幣三點四元，低廉的儲存成本令其他儲存技術望其項背。

硬碟機的運作原理

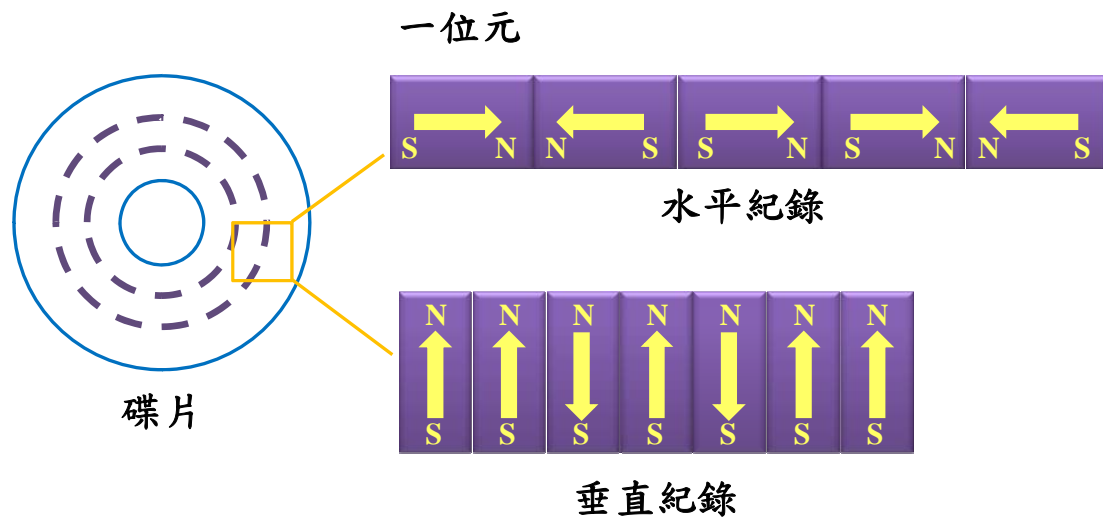
硬碟機的運作原理是利用奈米級磁性顆粒，來儲存電腦運作的”0”與”1”位元。硬碟機主要是由具有奈米級磁性顆粒的”碟片”和負責寫入與讀取訊號的”磁頭”所構成，其示意圖如下圖一所示。¹當磁頭寫入或讀取訊號時碟片會以每分鐘幾千轉的高速旋轉，且磁頭的飛行高度只有 10 奈米。如果把磁頭等比例放大成一架波音 747 飛機，相當於此飛機離地面(碟片)的飛行高度只有 1 英吋。因此，硬碟可說是奈米工藝的一極致表現。



圖一 (a) 硬碟機外部 (b) 硬碟機內部示意圖。¹

細說硬碟片²⁻⁵

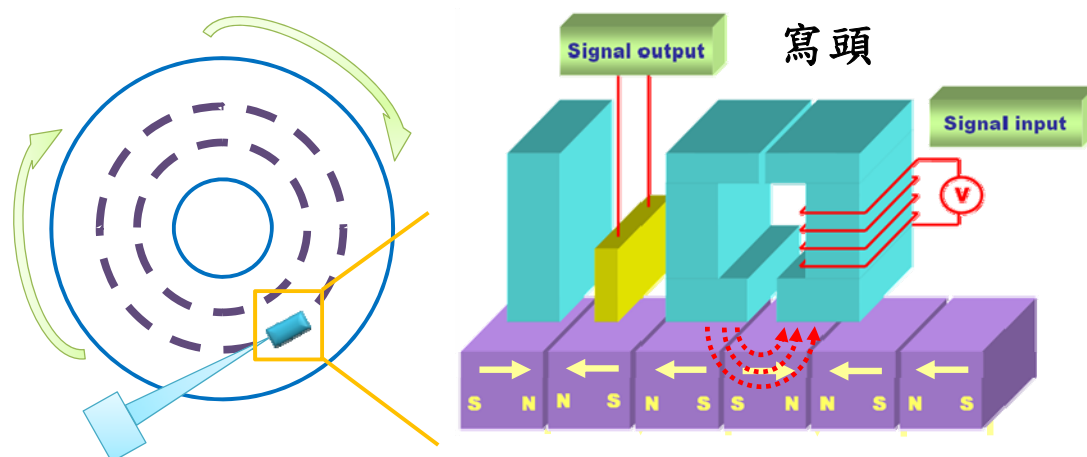
硬碟片是由奈米級的小磁晶粒所構成，再由許多小磁晶粒組成一儲存資訊的最小單位，一位元(bit)。每一位元可看成一小磁鐵，以下我們將稱”位元小磁鐵”。由不同位元小磁鐵的磁化方向(從 S 極指向 N 極的方向)可分為所謂的”水平紀錄”和”垂直紀錄”，如圖二所示。水平記錄是指利用磁化方向為平躺在碟片平面上的位元小磁鐵作為記錄位元；垂直記錄則是利用磁化方向為垂直碟片平面的位元小磁鐵作為記錄位元。硬碟主要就是靠碟片上不同位元小磁鐵的磁化方向，來記錄想儲存的資訊。不同磁化方向的位元小磁鐵會發散出不同方向的磁場，即所謂的”外漏磁場”，這個外漏磁場為資訊讀取時的訊號來源。



圖二 硬碟片、一位元、水平記錄和垂直記錄的示意圖。

寫入和讀取機制²⁻⁵

磁頭可分成寫頭跟讀頭兩個部分，寫頭負責寫入訊號，讀頭則負責讀取訊號。寫頭為一纏繞感應線圈的軟磁鐵心，當通入電流時，會產生感應磁場，並在鐵心的間隙部分形成寫入磁場，如圖三所示。我們藉由改變通入寫頭電流的方向，控制寫入磁場的方向，來決定硬碟片中位元小磁鐵的磁化方向，進而寫入我們想儲存的資訊。



圖三 寫頭寫入資訊時的示意圖。

讀取訊號時主要是靠讀頭感受到不同位元小磁鐵間外漏磁場的變化，進而改變讀頭的電阻值，達成電腦運作”0”和”1”的位元，如圖四所示。

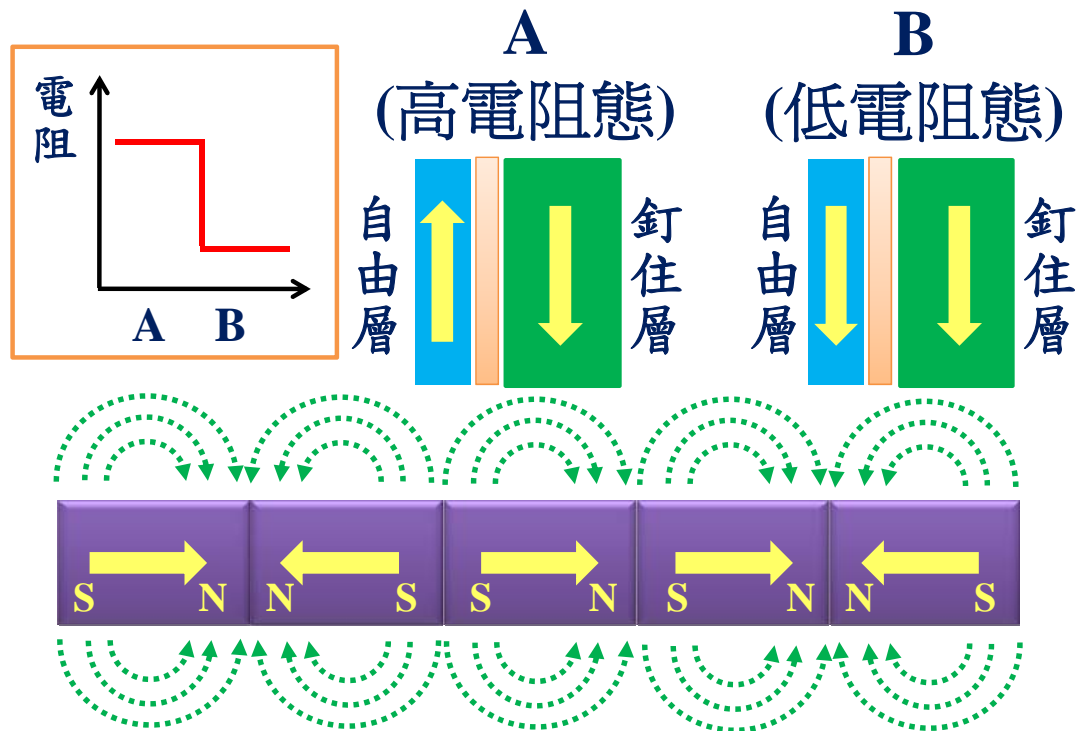


圖 四 讀頭讀取資料時的示意圖。

讀頭主要是由兩層鐵磁性材料所構成，可看成兩個小磁鐵，以下我們將稱“自由層”和“釘住層”，如圖四所示。自由層的磁化方向受來自硬碟片外漏磁場的變化而改變，釘住層則為一磁化方向不受的磁鐵層。此兩層主要的在於體大小或材料成，使釘住層的磁化方向相於自由層穩定許多。讀頭電阻的主要來自於自由層和釘住層的磁化方向的不同，所成的磁阻或磁阻應²。當自由層和釘住層的磁化方向相時，電不同時通過自由層和釘住層，成讀頭的高電阻。當自由層和釘住層的磁化方向相同時，電將相當容通過磁性層，成讀頭的低電阻。

改變自由層和釘住層極化方向主要靠位元小磁鐵的外漏磁場，如圖四所示。當讀頭在位置時，來自於位元小磁鐵的外漏磁場，使讀頭感受到向上的磁場分量，自由層將受到其磁場的而改變其磁化方向成向上，釘住層不受外漏磁場。此時，自由層和釘住層的磁化方向相，磁頭將為高電阻。當讀頭在位置B時，感受到磁場分量向下的外漏磁場，自由層的磁化方向受到此外漏磁場的而改變成向下，釘住層的磁化方向不受。因此，自由層和釘住層的

磁化方向變成相同，讀頭 現低電阻 。此兩 高低電阻 即成為電腦運作時” 0” 跟” 1” 的 本位元。

硬碟與 、 光碟的比

由上 可 ，硬碟主要利用位元小磁鐵的磁化方向來儲存資訊。 硬碟之外，光碟 是經 使用的資訊儲存媒體。光碟有不同的工作原理。在 光碟片中，主要是利用入射的 射光來讀取資訊，如圖五所示。當入射的 射光 到光碟面為一高一低時，由於光碟面高低 為四分之一個入射 射光的波長，將成 射的 射光為相 性（圖五(a))； 入射 射光 到高度相同的光碟面， 射的 射光將形成 性（圖五(b))。 性與相 性 將 成射光 度的 ，此兩 不同的 光即為記錄” 0” 和” 1” 的 本位元。由於

光碟片中的高低平面，在碟片 作時已用機 方 形成，因此 再度 改。所以， 光碟片的資訊只 讀取，而 寫入改變原有的資料。 因為有這的 制，因此之 利用不同的材料 寫入機制， 發 - ， - 可寫一的光碟片與 - ， - 可多 讀寫的光碟片。

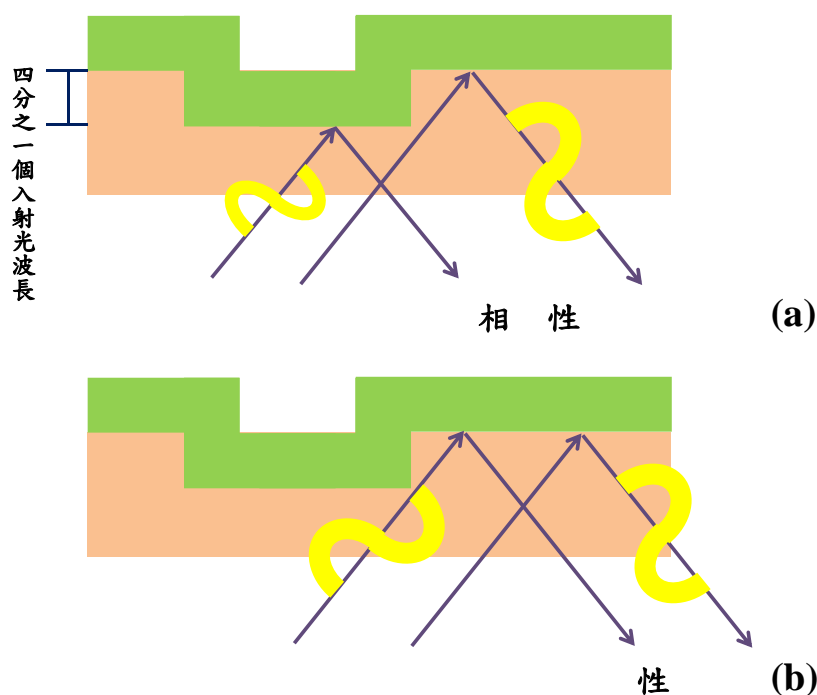


圖 五 光碟資料讀取的示意圖。

記錄方式的不同，硬碟片和光碟片的容量大不相同。目前市面的光碟一片平均容量為 0.6 GB (700MB)，光碟一片平均容量為 4.7GB，一顆硬碟機目前最大容量為 204 GB (2 TB)，相當於 3000 片光碟、45 片光碟的儲存容量。此外，一般光碟只讀取資料，不能寫入資料，而 DVD 和 Blu-ray 光碟只寫入一次資料，不能重複寫入資料，硬碟機不具有可重複讀寫的特性，且每 GB 只需新台幣 4 元，相對於其他可重複讀寫光碟（一般光碟、DVD 光碟）硬碟機為當今最經濟、穩定且大容量的儲存裝置。

1. <http://www.wdc.com/ch/>
2. <http://www.mse.nthu.edu.tw/~chlai/>
3. 賴志煌、王新、和陳建宏，電子技術 16 2，頁 9-16(2009 年 9 月)。
4. 王新、和賴志煌，新電子 第 159 期 (2007 年 12 月)。
5. 王新、和賴志煌，奈米會 17，頁 4-50(2009 年 7 月)。