

第一章、簡介

1-1 前言

在人類文明發展的歷程上，一直都有各式各樣的記錄媒體產生，早期的竹簡、紙張，到近代資訊化社會下的錄音帶、錄影帶、軟碟片、硬碟片、光碟片、智慧卡、記憶卡等，以上這些都是為了滿足人類資料儲存、記錄的需求。但隨著尖端資訊時代的來臨與數位化生活之提升，人類與電子產品也一起融入生活中；如個人電腦、手機、隨身碟、數位相機、MP3 播放器等等電子產品所需儲存器的需求不再只是儲存與記錄等性質；而是希望儲存器輕薄短小、增加儲存容量、消耗能量降低、儲存速度加快、價錢便宜、隨身攜帶方便等。所以為了滿足現在人類的需求，在整個儲存器的製程、設計、技術及儲存介質材料都需要有新的突破與研究。近幾年來，半導體製程技術日月蓬勃發展，整個資料儲存技術也跟著進步，使人們對與儲存性能的需求也一天一天的實現與達成。

目前市面上這些電子產品最主要所使用的資料儲存器有微型硬碟 (Micro HDD) 和快閃記憶體 (Flash memory) 等兩類。這兩種儲存

系統各有所優缺點，因此在整個市場上也各佔有優勢的地位；目前兩者仍繼續展開激烈的競爭，誰是未來的贏家仍有待觀察。然而，當製程進入奈米的尺度時，許多新的量子現象出現，迫使我们不得不正視其物理儲存極限的迫近，如導體材料的散熱及載子濃度稀薄等問題。光儲存技術在記錄密度愈來愈高時，也均會面臨訊號寫入或讀出的問題，如「光學繞射極限」(optical diffraction limit)的限制。磁記錄密度不斷提高(大於500 Gb/in²)，也將會遇到一大問題，即所謂的「物理超順磁極限」(super paramagnetic limit)，此效應將限制磁紀錄的密度[1]。也因此科學家不得不轉而尋求其他能夠突破極限的新技術與材料。因此面對今日的數位儲存元件已迫近物理上的極限，容量無法再增加。所以在IBM中的「奈米硬碟」，是一種由奈米級零件構成的微機械元件，卻有能力在現行科技技窮之處大展身手。他們把這個計畫叫做「千足計畫」(Millipede) [2]。Millipede可讓數位相機或MP3播放機買到郵票大小的記憶卡；它能儲存的影音資料可不只一般快閃記憶卡所能容納的數拾MB(百萬位元組)，而是好幾GB(十億位元組)，足夠容納整張音樂光碟或是幾部短片，還能將卡上的資料清除或是覆寫。它的速度很快，而且一般電力即可，你可以稱它為「奈米硬碟」(nanodrive)。其儲存記憶的密度將會是現在個人電腦的一百萬倍以上，這種叫做原子解析度(Atomic Resolution)或是探針儲存

(Probe Storage) 的新型科技。奈米存儲技術將消除硬碟和內存之間的界限。而高容量、非易失性存儲晶片成本低廉，可能取代便攜式娛樂設備和計算機中的微型硬碟。

以上這些各種不同的儲存器，都依照不同機制的儲存技術來運作，雖然是不同的技術領域，但對於滿足人類資料儲存、記錄的需求則是一致的。何種技術會脫穎而出，成為未來資料儲存技術贏家呢？大家都引頸期盼著。

而對於面對今日的數位儲存元件已迫近物理上的極限，容量無法再加。上述「千足計畫」吸引人之處，在於它儲存數位資料的方法，與磁性硬碟、光碟及以電晶體為主的記憶晶片完全不同。這類的未來裝置所讀寫及清除的數位位元會愈來愈小，小到一個位元就是一個分子甚至原子。一旦奈米硬碟的可移動零件變得愈小，它們就工作得愈快，電力的使用也會更有效率。首件使用「千足」技術的產品，是高容量的資料儲存卡，可以應用在相機、行動電話或其他可攜式裝置上。在這些裝置上，奈米硬碟卡運作的方式與現今的快閃記憶卡大致相同，但它能夠以較低的價格提供數 GB 的容量。這個技術對材料科學、生物科技或是目前仍不可預見的各項應用，也可能會帶來極大的助益[3]。

「千足計畫」是利用探針型顯微術來達成記錄資料的目的。在未來的資訊儲存系統可以利用探針型顯微術記錄資料，選擇不同交互作用方式會影響資料密度，各國研究單位均投入大量的研發，希望利用探針微小的尖端儲存資料，以期把儲存系統的密度推進到原子級的世界。

1-2 研究動機

而我們從 Millipede 儲存系統中發現到探針型儲存技術將促進超高密度儲存系統之發展；但是「千足計畫」卻要在高溫 400 °C 的工作環境來做寫、讀及清除資料之動作，對於這樣的工作溫度太高了，可能會有散熱問題的產生。在 2003 年 IBM 所發展的計畫，採用排列成格狀的微型懸臂，在聚合物介質上讀、寫及清除資料。懸臂的探針在塑膠表面戳出凹陷做為位元 1；沒有凹陷代表位元 0。圖 1-1 為 Millipede 儲存元件的概念說明圖。利用 4096 根探針針尖朝上的控制桿排成陣列，與其相連的控制微電路則負責將類比凹陷所攜帶的資訊轉換成一連串的數位位元。圖 1-2 為 4096 根懸臂的探針。

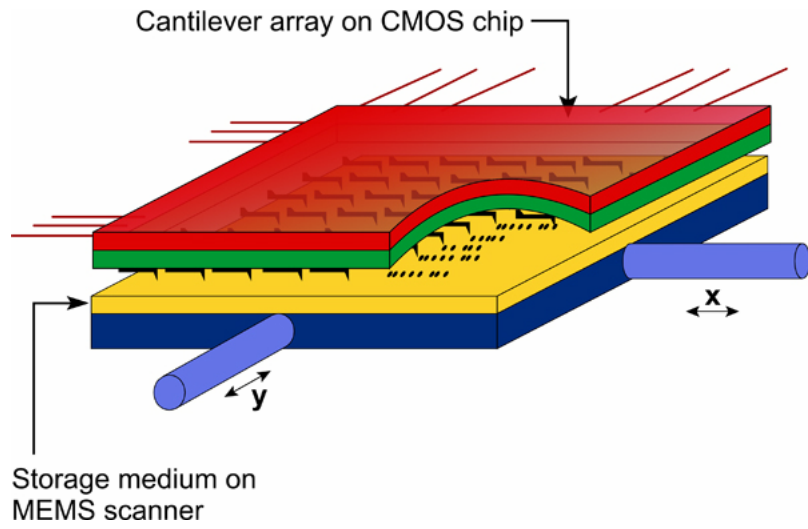


圖 1-1 Millipede 儲存元件的概念說明圖

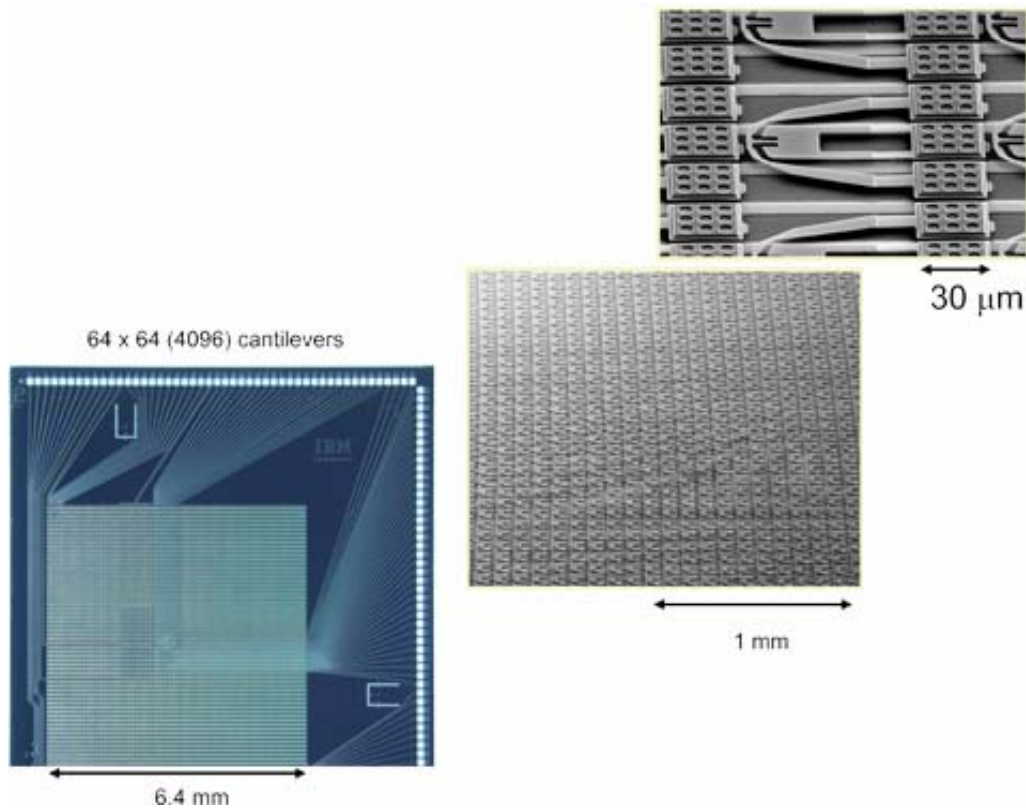


圖 1-2 為 4096 根懸臂的探針

奈米硬碟如何運作呢?「千足」原理採用排列成格狀的微型懸臂，在聚合物材料(PMMA)介質上讀、寫及清除資料(圖 1-3) [4]。

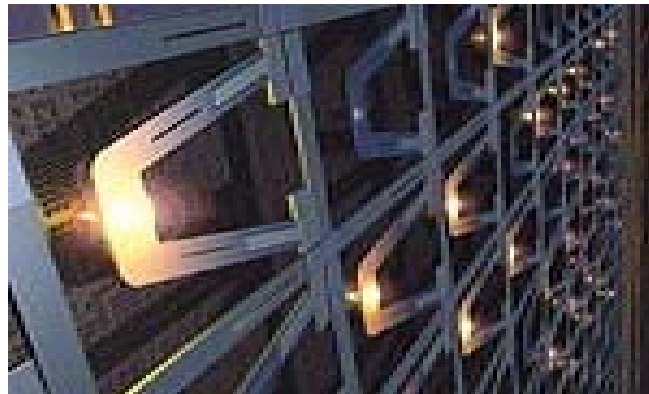


圖 1-3 排列成格狀的微型懸臂

以下為奈米硬碟寫、讀及清除資料之敘述：(一)寫入一位元：利用熱及機械力，針尖能製造出排成直線狀的圓錐凹陷(圖 1-4)，用來代表一連串的數字 1。要製造凹陷，電流必須流經懸臂，將其尾端的矽摻雜區加熱至 400°C ，以便讓預加應力的懸臂結構能彎曲，戳入聚合物中。沒有凹陷則代表 0。

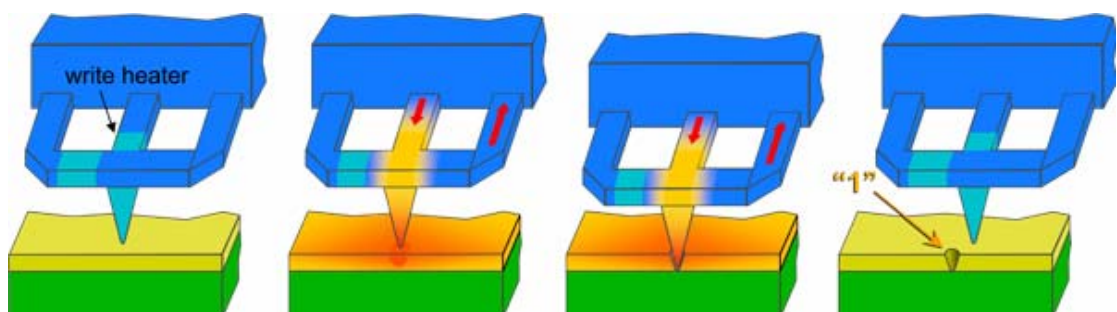


圖 1-4 Millipede 儲存元件寫入一位元

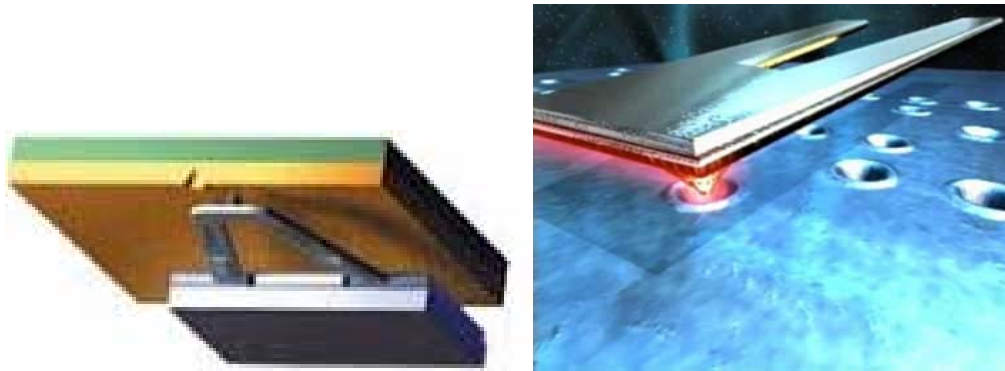


圖 1-4 Millipede 儲存元件寫入一位元

(二) 讀取一位元：要讀取資料，先將針尖加熱至約 300°C。當掃描中的針尖遇到一個凹陷並落入其中（圖 1-5），它會將熱傳遞給塑膠，針尖的溫度及電阻就會因此下降。不過電阻下降的幅度很小，約只有幾千分之一。數位訊號處理器將這些輸出訊號轉換成一連串資料。

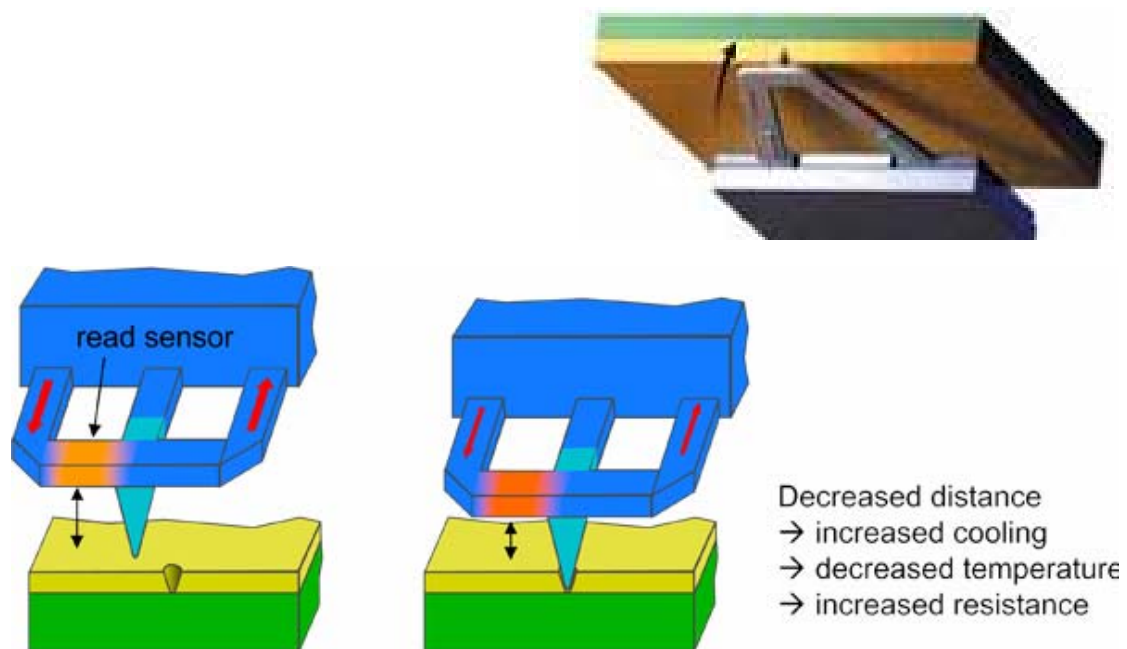


圖 1-5 Millipede 儲存元件讀取一位元

(三) 清除一位元：最新的千足原型機清除既存位元的方式，是將針尖加熱至 400°C，將熾熱的針尖插入凹陷中（圖 1-6），使塑膠彈回原本的平坦形狀。



圖 1-6 Millipede 儲存元件清除一位元

所以 Millipede 儲存系統乃是以原子力顯微術的技術為基礎。用 AFM 探針頭在一片聚合物上融出的許多窪洞就是代表著儲存的數據位元，之後可用同樣的探針頭去讀取它們。這種熱機械儲存技術可以使每一平方英吋上的數密度達到好幾百個 Giga，而一般磁力技術的儲存極限每平方英吋僅有 60 到 70 Giga。所以在「千足」系統中發現此設備解決物理極限的問題、記憶容量也增加變為高密度儲存系統、速度很快，而且使用一般電力即可。因此利用探針型顯微術來記錄資料，也將是下世紀具有高價值、高應用的記憶體。

因此我們將做(Cu₂S/Cu/Si wafer) 雙層薄膜結構的關關器，利用探針來作為此結構的電極。而我們所使用介質為 Cu₂S

半導體材料，金相為 amorphous[5]，利用 STM 探針上施加偏壓，藉由穿隧電流與 Cu_2S 薄膜之間產生電化學反應作用的方式來做為開關機制，此機制的原理將在下一章說明。未來希望可以將此機制應用於儲存上，且此 Cu_2S 在室溫之下就可以驅動，進而可以解決「千足計畫」中在高溫 300°C 的工作環境來做寫、讀及清除資料之問題。因此我們相信此研究將會提供探針型儲存技術發展上重要的資訊。因此我們也希望藉由 Millipede 儲存系統的構想，未來利用探針型儲存技術來研究製作超高密度儲存之系統。