



## 下世代記憶體先鋒—磁記憶體

技術主編：唐敏注 M. J. Tung

現職：工研院材化所(MCL/ITRI) 電子材料及元件研究組 副組長/台灣磁性技術協會(TAMT) 理事長

學歷：國立交通大學(NCTU) 電子工程所 博士

專長：磁性材料製程/應用產品設計、磁性測試技術

在電腦的發展史上大家可能都先注意到CPU的發展，但實際上我們更在乎電腦所處理的資料，因此我們可以說電腦記憶體的重要性與CPU不相上下，甚至於在某些應用中還高於CPU。每一代記憶體的革新，往往也和CPU一樣代表著電腦能力的提升。這幾年來台積電、三星、IBM、Global Foundries、TDK及海力士等公司，都大力研發一種兼具SRAM的快速、Flash的高密度與非揮發性，以及低成本等各種優勢的記憶體—MRAM，也就是Magnetic RAM（磁性隨機記憶體）。MRAM的壽命長、反應速度快，因此被認為是最有可能取代SRAM和DRAM的次世代記憶體。

MRAM的動作原理來自於自旋電子學(Spintronic)，導入傳統以電子傳導而動作的元件中所形成的新興電子元件。將硬碟機的容量推升到TB等級就是因為有了利用自旋效應的巨磁阻(GMR)與穿隧磁阻(TMR)磁頭。如今同樣以TMR原理動作的MRAM已展現其實用性，顯示出結合磁性結構與半導體性質的自旋電子學廣泛而難以估計的應用潛力。也正是因為自旋電子學領域極廣，欲加以詳細介紹實非易事，本期謹就MRAM作一介紹。其實MRAM發展至今超過20年，前後的演進並不是幾篇文章就能涵蓋的，這也旁證了技術的創新絕非一朝一夕可及，而是眾多研究者長時間的投入所累積的。

本期MRAM專題就此領域集結四篇專文與讀者分享。首先由「磁記憶體發展演進簡介」開場，由磁記憶體結構有趣的發展演進歷史、原理及應用加以介紹，磁記憶體基本上不同於大家熟悉的磁紀錄(Magnetic Recording)如磁帶及硬碟，在上世紀的電腦中也曾扮演重要角色。

「磁性隨機存取記憶體的發展過程與未來趨勢」一文針對磁記憶體的發展歷史中，其物理上概念性的演變做一個統整，並且強調未來應用上自旋流在MRAM元件的重要性。「自旋記憶體發展從STT-MRAM到VCMRAM」一文則分別介紹由自旋轉移力矩式記憶體(STT-MRAM)，演化至自旋軌道轉矩式記憶體(SOT-MRAM)到電壓控制式磁記憶體(VCMRAM)的發展史，此三種磁性記憶體，除媲美SRAM的高讀寫速度，擁有與DRAM相抗衡的記憶容量外，更各有其技術優勢，文中將介紹各自之讀寫原理與發展歷程。而由於MRAM的性質來自於TMR穿隧磁阻結構的自旋翻轉行為，相關的自旋傳輸相當複雜，如何將MRAM元件的特性分析導入現有之晶圓量測中，對於半導體自動化量測是一項新挑戰。最後一篇專文「自旋電子相關技術量測介紹」將針對MRAM量測方法加以介紹。

磁性記憶體技術逐漸成熟，極有潛力取代現行的記憶體與儲存媒體而徹底改變電腦產品設計與應用模式，更被認為是IoT應用之一大利多。優先掌握其關鍵技術將有機會成為下世代記憶體先鋒，期望台灣能延續半導體生產技術的優勢，持續在MRAM領域也占有一席之地！