



2007 年諾貝爾物理獎介紹

黃昭憲 洪連輝

國立彰化師範大學 物理學系

今年2007年諾貝爾物理獎由法國物理學家 Albert Fert 和德國物理學家 Peter Gruenberg 獲得，由於他們發現了巨磁阻 (Giant Magnetoresistance, GMR) 效應，因而對磁性記錄技術產生重大的影響。由於巨磁阻效應的發現有助於今日電子元件的微型化，而獲得今年的諾貝爾物理獎 (表1)，兩位科學家將獲頒1000萬瑞典克朗(約154萬美元)的獎金。

磁阻(Magnetoresistance, MR)是指材料的電阻會隨著外加磁場改變而變化，為便於與一般電阻區隔，稱之為磁阻。1857年時，Lord Kelvin 發現在磁性金屬中，外加磁場和電流方向的夾角不同時，會造成電阻值的不同，這種電流和磁場方向夾角相關的電阻稱為異向性磁電阻 (Anisotropy Magnetoresistance, AMR)，1971年 Hunt 提出將 AMR 應用在磁記錄讀取頭的概念，而 IBM 在 1985 年成功將 AMR 應用在磁帶機上，並於 1991 年應用在硬碟的讀取頭，雖然異向性磁阻效應(AMR)的「磁電阻變化率 (MR ratio)」並不大，通



Peter Grunberg 背景	Albert Fert 背景
<ul style="list-style-type: none"> ● 1939 年出生於德國皮爾森 ● 1969 年在德國達姆師塔特工業大學取得博士學位 ● 德國第 24 為諾貝爾物理獎得主 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1938 年出生於法國卡爾卡松 ● 1970 年在巴黎第 11 大學取得博士學位 ● 法國第 12 為諾貝爾物理獎得主
現職	現職
1972 年起在德國「猶利克研究中心」擔任研究科學家，直到 2004 年退休，但仍繼續研究。	1995 年起擔任法國「國家科學研究中心」物理研究聯合小組科學主任
研究領域	研究領域
1988 年，發現磁性多層薄膜之間巨磁阻特性，在外加磁場的作用下出現劇烈變化。	主要研究在奈米科學領域，尤其是發現巨磁阻效應

表 1：2007 年諾貝爾物理學獎得主

常僅在 1% 到 3% 之間，但 AMR 磁頭的應用在當時已經是達成高密度儲存裝置的重大突破。

Fert[1] 和 Gruenberg 兩人在 1988 年發現鐵/鎳多層膜在溫度 4.2K 的環境下有接近 50%的磁阻變化率(圖 1)，由於其值遠大於異向性磁阻的變化率，故取名為巨磁阻 (GMR)。後來其他科學家研究發現，GMR

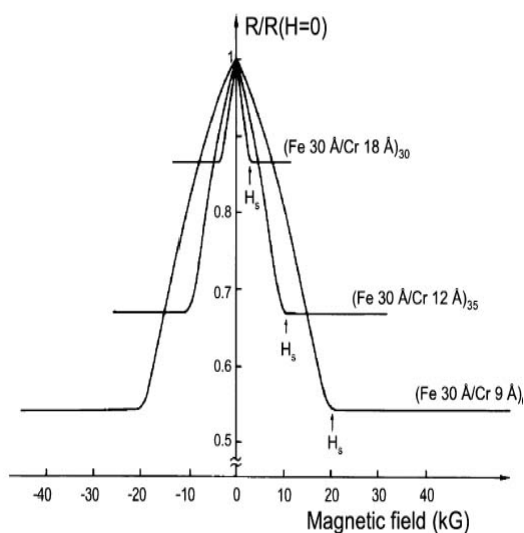


圖 1：Fe/Cr 多層膜磁阻曲線圖[1]

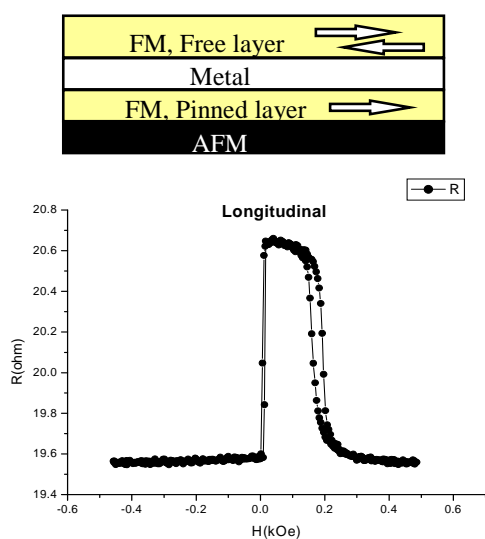


圖 2：巨磁阻自旋閥結構

效應普遍存在於[鐵磁性/非鐵磁性]多層膜系統中而不單只存在於鐵/鎳多層膜系統中。諾貝爾獎評審委員會在宣佈物理獎也說這雖然是「好奇心導致的發現」，卻極大地加速了資訊時代的進步，而且由於磁性層都只有奈米

級的厚度，也可以把這項發現視為「奈米科技領域的首次應用」。

雖然[鐵磁性/非鐵磁性]多層膜系統具有良好的磁阻變化率，但因為此結構中的高電阻態是藉由兩鐵磁性層之間的反鐵磁性耦合所造成，因此想要達到低電阻態的話，必須外加較大的磁場去克服此一耦合作用，但在實際的元件應用上，我們希望可以在低磁場下即可達到高、低阻態的變化所以需要外加較大的磁場，使得其應用的實用性大大降低。直到1991年，IBM的Dieny和Parkin提出自旋閥(spin valve)結構[2](圖2)，利用反鐵磁性層與被釘扎層，讓巨磁阻效應可以在低磁場下達到高低電阻態的變化，使得巨磁阻效應的應用有了突破性的發展。1994年IBM發表了巨磁阻效應的新型讀取頭，並於1997年正式推出使用巨磁阻讀取頭的硬碟，使得硬碟容量快速增加，巨磁阻很快地變成為硬碟系統的標準技術。巨磁阻讀取頭大幅提升硬碟的儲存性能，從早期的數MB的硬碟發展到數十GB的硬碟都是巨磁阻效應的功勞。這種現象的應用為硬碟讀取資料帶來革命性改變，也在多種電磁感測頭的應用上扮演重要角色，促進新一代電子元件的發展，這讓自旋電子(Spintronics)元件，被視為奈米科技首度實際應用於前景可期的領域。

自旋電子另一項重大的應用就屬磁性記憶體 (MRAM)，一般手機一講就沒電，待機不夠長久，這是因為手機使用傳統記憶體SRAM 或 DRAM，不論使用 SRAM 或 DRAM，都需要電池供電以維持記憶狀態。新世代的磁性記憶體MRAM幫你解決這一個問題。輕薄短小、省電持久、讀取快速是它的特點，它媲美SRAM的高寫入/讀取速度，並擁有與DRAM相抗衡的記憶容量，目前已被全球列為下一代新式記憶體。

巨磁阻效應的發現，大幅提升硬碟的記錄密度，使得密度提高，也使用硬碟尺寸隨之變小，這讓自旋電子(Spintronics)元件首度踏入實際應用的領域。現在每年有超過10億個硬碟和MP3隨身碟的產品使用這種技術，也難怪連諾貝爾評審委員也說：「若無這項發現，MP3與iPod工業根本不會存在」，由此可見其重要性。

參考文獻

- 1.M.N.Baibich, J.M.Broto, A.Fert, Phys. Rev. Lett. 61,2472(1988)
- 2.B.Dieny, V.S.Speriosu, S.Metin, S.S.P.Parkin, J. Appl. Phys. Vol.69,4774 (1991)