

自旋電子之研究與發展

文/黃榮俊

隨著科學的進步以及製程與製作技術的改良與突破，磁性薄膜的研究發展從金屬、氧化物等材料，正逐漸朝向半導體電子應用的材料發展。半導體積體電路具有高集積度、高訊號處理速度以及極佳的可靠度，其運作乃利用載子(電子與電洞)的電荷性質，藉由外加電場來控制半導體中載子的流動。然而，積體電路為達到更快速更密集的需求時，奈米級尺寸的元件開發勢在必行，此時載子間自旋有關的交換交互作用(exchange interaction)必須加以考量，因而電子的自旋特性將更為重要。

在目前相當熱門的自旋電子研究領域中，很重要的議題就是如何將磁性的效能與半導體元件功能相結合的磁電子學(magneto-electronics)，它包含了自旋注入(injection)、傳輸(transportation)以及偵測(detection)等幾個主要議題的研究，以提供未來實用自旋電子元件的開發基礎。因此，在本期的專題論文中，我們將針對自旋電子的材料製程研究、自旋電子傳輸性質、自旋電子微觀偵測以及自旋電子元件應用等議題，邀請多位教授專家來加以分別介紹。

在自旋電子的材料製程研究方面，周雄教授介紹龐磁阻(Colossal Magnetoresistance)材料：鈣鈦礦結構(Perovskit)之錳系氧化物($\text{La}_{1-x}\text{B}_x\text{MnO}_3$ (B=Ca、Sr、Ba 等)的物理性質與機制，並在滲雜特別結構磁性絕緣體之混合物中發現其低場磁阻獲得明顯的增強，而且延伸至 328K 即已非常明顯，在應用上似乎可以接續巨磁阻在資訊工業上的發展，再次帶來突破現時硬碟儲存容量瓶頸的新希望，另一方面也能提供發展磁性隨機記憶體上的另類材料之選擇，極具潛力。

另一方面，針對半導體自旋電子的材料，胡裕民教授介紹 III-V 稀磁性半導體(例如： $(\text{Ga},\text{Mn})\text{As}$ 、 $(\text{Ga},\text{Mn})\text{N}$ 等)的研究與發展，而本人則介紹以 3d 過渡金

屬摻雜氧化物之稀磁性半導體的研究。它們是目前具備有室溫居禮溫度的熱門稀磁性半導體材料之一。文中除了對於稀磁性半導體的研究做歷史回顧以及現況發展作說明之外，並介紹幾種以稀磁性半導體為主的自旋電子元件應用。我們利用離子束濺鍍系統，以多層膜的成長技術來製作(ZnO , CoFe)稀磁性半導體。在控制適當的磁性金屬的厚度(亦即不連續的金屬顆粒的分佈情況)，可以得到較純相的稀磁性半導體。此製程方式亦可能可以被應用在其他系統中。而常見於一般磁性半導體的混相結構，容易造成在判讀磁性來源時的混淆。這一點可以透過磁性分析及 X-ray 吸收光譜技術的結合清楚的分辨出來。

陳穗斌博士則針對磁性多層膜系統中自旋電子傳輸行為，藉由『自旋電阻串並聯理論』來分析傳輸行為的電阻效應。他的研究發現無論是界面或抑是體內的自旋相關碰撞，對於電子傳輸行為上所呈現的自旋表徵，均扮演著相等重要而不可忽略的角色。其理論架構化約了原本不易理解的自旋電子傳輸行為，從而呈現了這二類自旋相關碰撞所帶來的影響，輕易地令人了解其中機制之所在。此外，張慶瑞教授介紹磁性微結構中的各種自旋磁化的穩定結構，繼之描述研究磁性微結構動態過程的理論與實驗方法。由於磁電子元件需要有快速反應的特性，因此研究其動態行為對於發展自旋電子元件來說更顯得迫切。因此，利用自旋磁化的動力學方程來模擬整個動態過程中的行為，對於實驗結果能有更深入的理解與洞察。

奈米鑄型磁膜結構的實現與研究，除了印證微磁學的理論，同時在磁性儲存、磁性記憶體(例如磁阻式隨機存取記憶體, MRAM)及磁場感測方面具有很大的應用價值。吳仲卿教授所發表的“Patterned magnetic nanostructures”一文中探討奈米磁性薄膜製程，與分析

在研發及可能量產的現況發展，並藉由微磁學的理论，探討不同尺度鑄型磁性薄膜的磁區結構及其翻轉行為，其成果非常傑出。另外，魏德新博士所發表的“影像式光電子顯微術於磁性薄膜及微結構研究的介紹”一文中，介紹影像式光電子顯微術(Photoemission Electron Microscopy, PEEM)。透過磁區顯影，PEEM技術使用影像的方式來呈現多層膜系統之膜層間作用力和磁區間的關連。除了靜態的影像擷取外，近來PEEM技術亦有拓展至磁區隨磁場變化的動態研究，相當引人注目。

最後，吳德和教授介紹目前自旋電子應用元件中最為引人矚目的--磁阻式隨機存取記憶體(Magnetic Random Access Memory; MRAM)。他從MRAM的基

本架構、運作原理以及目前世界各國的發展現況，都做了相當詳細的說明。此外，對於奈米尺寸MRAM發展的瓶頸與可能解決方法，也提出了專業的看法，對於這未來的夢幻記憶體，有非常完整的說明。

作者簡介

黃榮俊

學歷：美國伊利諾大學博士

現職：國立成功大學物理系 教授

國立高雄大學應用物理系 教授兼系主任

主要研究領域：自旋電子學與奈米材料

email：jcahuang@mail.ncku.edu.tw

健仁氣體股份有限公司

一個以服務為經營宗旨的氣體經銷商

給您一個完整的氣體資訊 讓您的使用更安全



提供-----

工業用焊接氣體、醫療用、排氣
測試用氣體、各種比例混合氣、
各類稀有特殊用氣體 N_2O WF_6

Xe LHe Ne SiH_4 Kr 等

【歡迎來電洽詢】

各類氣體相關零配件

液態低溫容器 壓力容器

新竹縣竹北市泰和里博愛街

760 巷 6 號

電話：(03) 5516256

傳真：(03) 5551732