

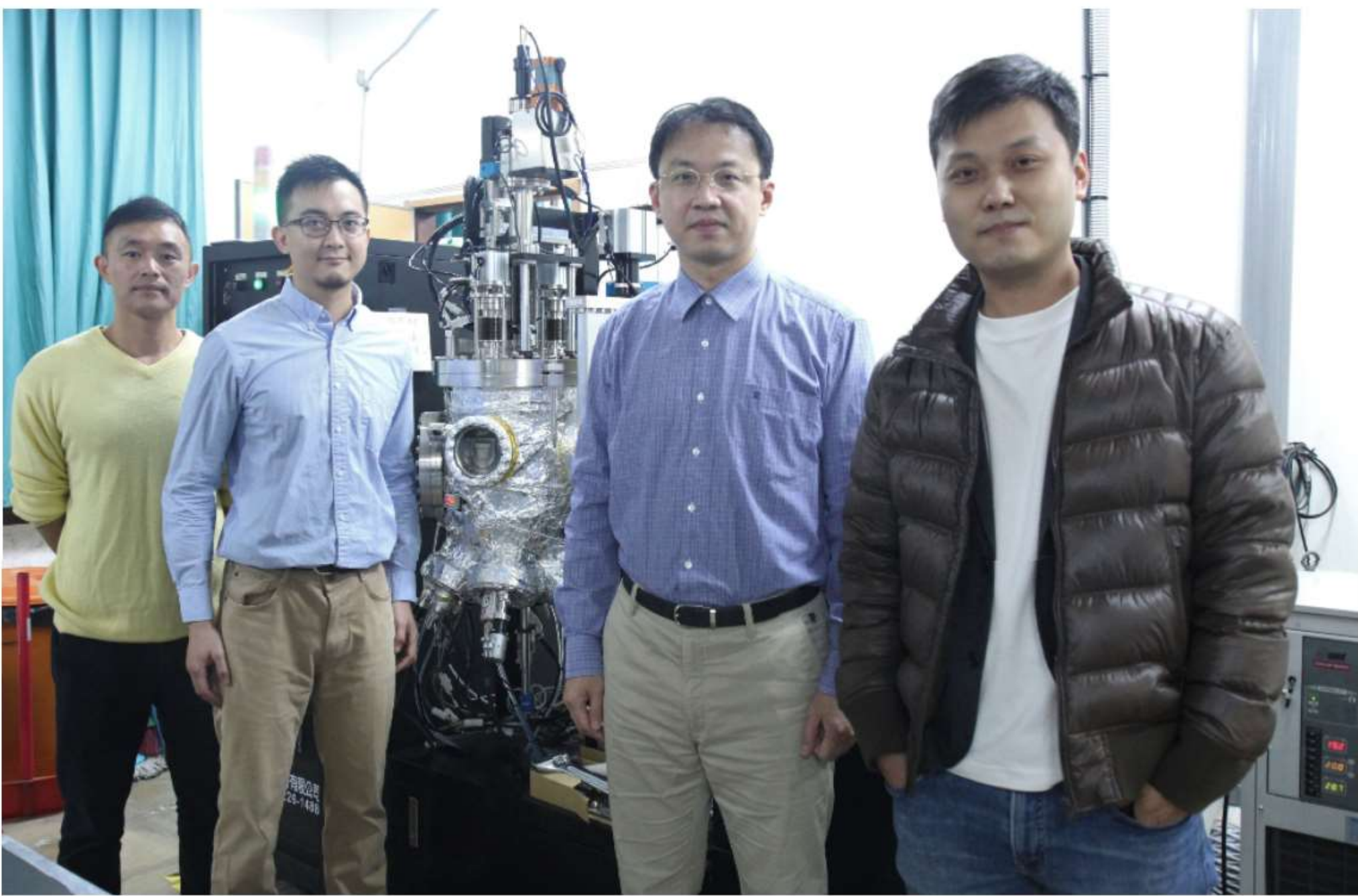


LINE



焦點新聞

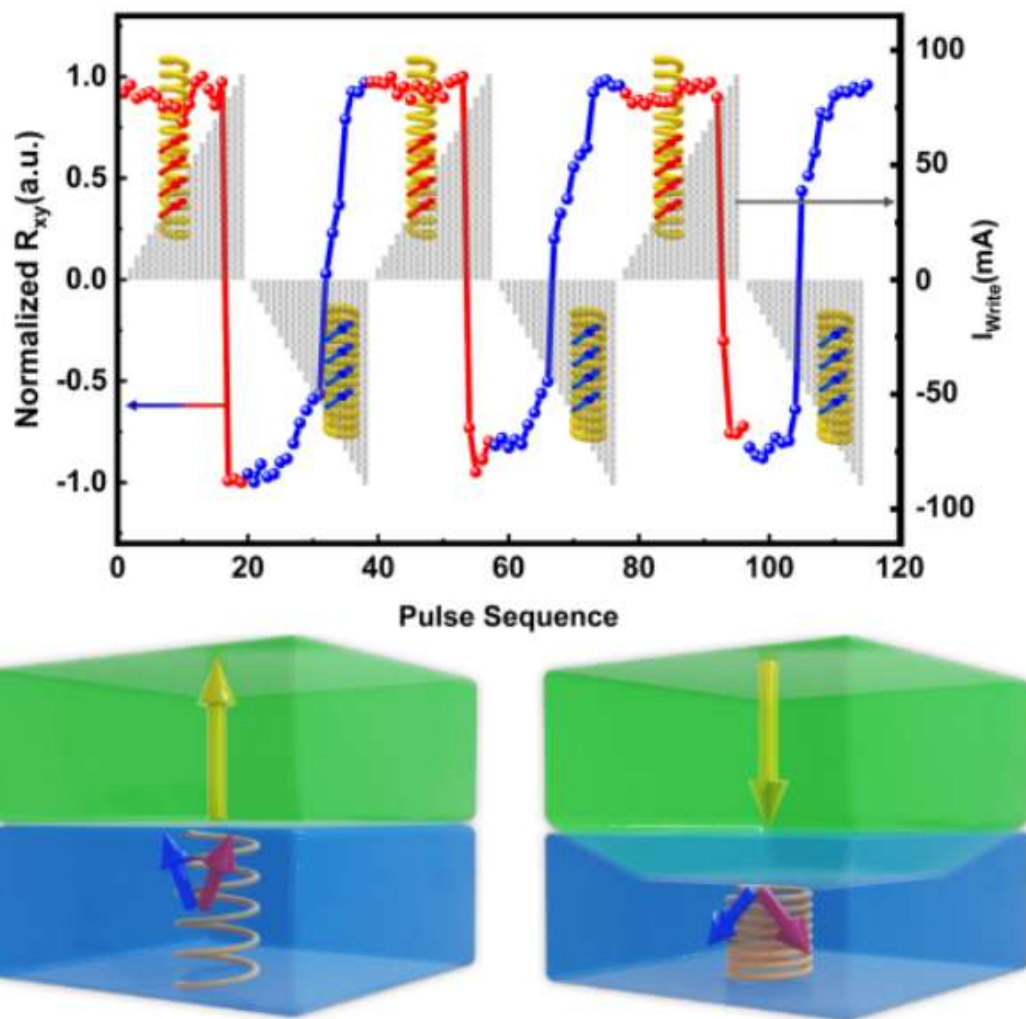
陽明交大發掘具數位-類比二相性自旋軌道矩元件



曾院介教授(右二)與楊朝堯助理教授(右一)研究團隊提出一個研究反鐵磁材料的新方法，並開發了具特殊數位-類比二相性的自旋軌道矩元件，未來在應用上將可倚賴這種類比式的位元特性，與類神經元計算、AI等先進記憶體科技橋接，促使MRAM科技邁向一個嶄新的紀元。

在人工智慧、5G 等需求推升下，新興記憶體 MRAM成為市場焦點。近幾年半導體大廠如台積電、Intel、三星等也紛紛提出嵌入式磁阻記憶體(Embedded-MRAM)解決方案，正式宣告自旋電子學踏入先進半導體的軍備庫中。

陽明交大材料科學與工程學系曾院介特聘教授、楊朝堯助理教授團隊與清華大學賴志煌講座教授、美國加州大學洛杉磯分校(UCLA)電機系王康隆院士團隊合作，利用源於重金屬元素的自旋軌道矩(spin orbit torque)機制與鐵磁-反鐵磁材料間的交互耦合效應配合，開發出具有類棘輪(Ratchet)翻轉特性之自旋電子學元件，翻轉時具有獨特之數位-類比翻轉二相性，可應用於類神經網絡計算與新穎記憶體元件，研究成果也於日前發表於國際頂尖期刊「Advanced Functional Materials」(IF = 18.808)。



上圖: 給予電流脈衝進行SOT翻轉結果，由圖可見磁矩上翻下(紅線)為數位式的銳利翻轉，而下翻上則為類比式的漸進翻轉(此圖為實際數據作圖，有一定修改空間)

下圖: 委外繪製之示意圖，鐵磁磁矩由上翻下時需要克服下層反鐵磁磁序之異向性壓縮自旋彈簧(exchange spring)，而下翻上時自旋彈簧開始自發性的漸進鬆弛(relax)，如同被壓縮的海綿逐漸恢復原始狀態

曾院介教授與楊朝堯教授研究團隊提出一個研究反鐵磁材料的新方法，並開發了具特殊數位-類比二相性的自旋軌道矩元件，未來在應用上將可倚賴這種類比式的位元特性，與類神經元計算、AI等先進記憶體科技橋接，促使MRAM科技邁向一個嶄新的紀元。

此項跨國跨校研究計畫由材料系楊朝堯助理教授發起，楊教授為曾院介教授第一位博士生，2015年於交大獲得博士學位後，由曾教授推薦與科技部的補助之下，赴UCLA電機系王康隆院士團隊擔任千里馬計畫訪問學者，期間參與王康隆院士團隊自旋電子學相關研究，而以反鐵磁-鐵磁交互耦合系統為主題，設計具特殊反鐵磁鈹鎂合金(IrMn)-鐵磁鈷鐵硼(CoFeB)異質界面系統，探討如何利用交互耦合翻轉反鐵磁材料磁矩，作為後MRAM世代以反鐵磁為主的記憶體技術的開發。然而在研究期間發現，當反鐵磁鈹鎂合金厚度落在適當的區間時，其層內的反鐵磁序可被一種被稱為自旋彈簧(exchange spring)的效應壓縮，而在與鈹鎂自身產生的自旋軌道矩作用翻轉相鄰的鈷鐵硼磁矩時，會壓縮自旋彈簧而產生類似傳統記憶體的數位式訊號變化(如圖中紅色曲線)，而反向的自旋軌道矩將使自旋彈簧自發且漸進式地恢復成壓縮前的狀態，而在鈷鐵硼的翻轉上呈現一種類比式的訊號變化(如圖中藍色曲線)。而這種數位-類比二相性在同一個元件傳統上幾乎很難達成，而在鈹鎂-鈷鐵硼的異質結構中，團隊發現藉由反鐵磁鈹鎂引進的單向異向性加上鈹鎂特殊的界面力學，促成了此種數位-類比二相性的產生。

楊朝堯助理教授為本校材料系98級的畢業生，在曾院介教授實驗室攻讀博士班的期間致力於磁性材料物理的研究，而畢業後在台大物理系、UCLA電機系擔任博士後研究員的經驗，也讓楊朝堯教授的研究具備更多跨領域的動能。其與本篇論文第一作者黃昱翰，共同開發了利用磁阻效應直接觀察此種自旋彈簧的技術，而此種磁阻分析的結果也在同步輻射中心林宏基博士及張凡修先生的協助下，利用元龍光束線(TLS-11A)進行X光磁線偏振光譜學(XMLD)所驗證，而後續進階的電性量測則分別於清大賴志煌講座教授與本校曾院介教授實驗室進行。在動力學的探討上，曾教授團隊中的鄭智維博士利用微磁模擬，使機制的解釋上更加完善。

此研究為曾院介教授團隊執行科技部半導體射月計畫「前瞻磁性記憶體陣列開發與磁技術分析平台建立」研究成果之一，於日前發表於國際頂尖期刊「Advance Functional Materials」(IF = 18.808)。本團隊將持續於自旋電子學領域深耕，期能開發更多新穎元件與相關應用。