

清華材料、物理跨域合作

研發不失憶的記憶體



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2019 首頁故事

清華材料、物理跨域合作 研發不失憶的記憶體

手機、電腦、穿戴式裝置、物聯網、智慧城市運作的核心，就是負責資料運算與儲存的記憶體，但目前普遍使用的 DRAM(動態隨機存取記憶體)不僅耗電，且體積難再縮小。本校材料系賴志煌教授、物理系林秀豪教授團隊，成功利用電子自旋流取得了新一代 MRAM(磁阻式隨機存取記憶體)的革命性突破，創造出讀寫速度更快、更省電、斷電時資訊也不流失的「不失憶記憶體」，將成為記憶體的明日之星。

這項被譽為「夢幻記憶體」的研發成果，登上了最新一期的國際頂尖期刊《自然材料》(Nature Materials)，論文影響係數高達 39.2。透過科技部半導體射月計畫的連結，也可望大幅提升國內記憶體產業的競爭力。

新一代磁性記憶體更小更省電

賴志煌教授說明，目前普遍使用的 DRAM 記憶體是利用電子的電荷來記憶，記憶單元具有電荷代表 1，沒有則是 0，記憶體必須一直充電，才不會失去原有的 1 與 0 訊息；過去 DRAM 的尺寸微縮遵循摩爾定律，每 18 個月縮小一半，但元件愈做愈小以後，摩爾定律逐漸失效，體積再難縮小。

賴志煌教授認為，當摩爾定律走到盡頭，就是自旋電子時代的來臨。而這也開啟了他與物理系林秀豪教授的合作。

林秀豪教授解釋，電子不只帶電荷，還有另一項神奇的特性，也就是自旋，當電子自轉時會產生極微小的磁矩，就像在晶片上形成千萬個微小的磁鐵，0 與 1 的記憶是靠小磁鐵的北極向上或向下來決定，因此，不運算時就不必供電，且就算運算到一半斷電，資料也不會消失。未來採用磁性記憶體的手機、平板，待機時間至少可延長一倍。

林秀豪教授表示，磁性記憶體的結構就像三明治，上層是可自由翻轉的磁鐵，可快速處理資料；底層是像被夾子固定住的磁鐵，負責儲存資料；中間用氧化層隔開。當二磁鐵的磁矩方向相同，自旋電子容易通過，形成低電阻代表 1；磁矩方向相反時，變成高電阻，代表 0。

但這些小磁鐵在室溫下因熱能的關係並不穩定，科學家又想出辦法，「黏」上一層反鐵磁層，把磁鐵的磁矩方向鎖釘住，就像把夾子夾緊固定。但麻煩又來了，必須反覆升、降溫才能鬆開、夾緊夾子。「這些微小磁鐵就像躁動、沒定性的小

東西，你把它夾住，它就不會亂翻，但也不能輕巧靈動地翻轉，達成運算的功能。」林秀豪教授形容。

電子自旋流成為研究突破關鍵

學材料的賴志煌教授與專精理論物理的林秀豪教授帶著博士生林柏宏、楊博元組成的跨領域團隊，經過不斷實驗嘗試，終於取得重大突破，找到了靈活控制磁鐵夾子的方法，就是在磁鐵結構上再加一層薄僅幾奈米的白金，利用它的自旋軌道偶合作用產生自旋流，就能快速又準確地翻轉被固定住的小磁鐵。

「就像在保齡球道上，只要加點磨擦力，就可以輕易改變旋轉球的前進方向，進而推倒球瓶。」賴志煌教授說。

但這看似簡單卻有效的辦法，過去為何沒有科學家想到？這也讓賴志煌教授在投稿國際期刊時吃了不少苦頭，甚至還被懷疑是否為實驗受到熱源影響的「誤會」，他們只能拿出更強而有力的鐵證，及比最終刊出論文還長十倍的論述來佐證，終於得到學界頂尖期刊的認可。這不僅是磁性記憶體的突破，也為自旋電子學的發展帶來嶄新視野。

鐵血宰相+隨興詩人 擦出研究火花

本校近年強推跨領域合作，材料專長的賴志煌教授與物理學家林秀豪教授的合作取得亮眼成果即是明證。兩人還強調，他們的合作不像有的團隊是「滷味拼盤」——雖然盛在一個盤子卻各有各味，「我們是糖醋排骨，甜與酸真正融合成了一味。」林秀豪教授認真地說。

林秀豪教授經常從物理的觀點提出不同的計算與想法，問賴志煌教授應用在材料上能否做到？做出來是否跟想像的一樣？他們指導的學生也建立了溝通平台，一同思考、實驗、找出解決問題的方法。

兩人分屬不同學術領域，個性也南轅北轍。林秀豪教授自稱是閒散之人，想法多卻難收攏，全靠「鐵血宰相」賴志煌教授的嚴謹及緊盯進度，推動研究不斷前進。賴志煌教授則讚林秀豪教授是他認識最聰明的人，能把物理理論說得比故事還動人。

賴志煌教授、林秀豪教授合作研究十載，就連假日都常「混」在一起，三更半夜想到新的點子，Line 就叮叮咚咚響個不停。林秀豪教授笑說，「我們可能都是對方老婆黑名單上的前幾名。」

但兩人合作研究的效益也漸開花結果，從 2009 年合作的第一篇論文影響係數 3.8，到第二、三篇的 7.2 及 21.9，直到最近這一篇已達到 39.2。

本校材料所博士生林柏宏是此篇論文的第一作者，他分享跟著截然不同的教授作研究，是十分難得的經驗。特別感謝指導教授賴志煌老師不只要求他踏實研究，還送他到法國、愛爾蘭、新加坡等地參與研討會，透過國際交流拓展研究視野。林柏宏在老師的安排下，未來還將出國研究一年，投入磁性研究領域。

三星、英特爾、台積電等國際大廠近年紛紛投入 MRAM 的開發研究，業界預估今年即將有高密度的 MRAM 量產。清華團隊成功以電子自旋流來操控鐵磁-反鐵磁奈米膜層的磁性翻轉，則可望成為新一代 MRAM 的核心技術。

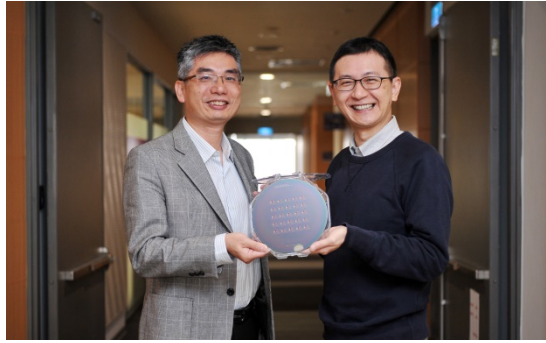
目前研究團隊將此突破性的發現，應用到其它結構的奈米膜層，陸續發現更多具影響力的結果，除了學術的貢獻外，將對於國內記憶體產業發展有決定性的影響力。隨著人工智慧、物聯網裝置與更多的資料收集和感測需求，磁性記憶體的市場也將迅速成長。賴志煌教授指出，是否能善用電子的自旋及磁性記憶體的技術發展，勢必影響台灣半導體產業在後摩爾時代的競爭力。



本校材料系賴志煌教授(左)和物理系林秀豪教授(右)以往上及下的手勢代表利用自旋流改變磁矩往南或北，代表記憶體中的 0 與 1



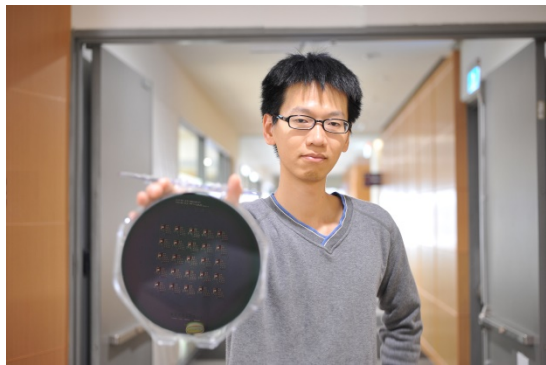
本校材料系賴志煌教授(中)與物理系林秀豪教授(右)指導材料所博士生林柏宏(左)研發磁性記憶體



本校材料系賴志煌教授(左)攜手物理系林秀豪教授(右)完成磁性記憶體的研究重大突破



本校材料系賴志煌教授(左)攜手物理系林秀豪教授(右)完成磁性記憶體的研究重大突破



本校材料所博士生林柏宏是磁性記憶體的論文第一作者