

臺大中研院聯合辦公室

National Taiwan University and Academia Sinica Joint Program Office

發行日期：2024 年 8 月

NO.

2

期數

電子報

本期主題

臺大與中研院創新性合作計畫已執行數年，合作研究成效卓越。
本期摘錄三篇 物理 及 應用科學 領域之優良成果文章予以報導。



網址：<https://jpoas.ntu.edu.tw/>

電子郵件：ntujpoas@ntu.edu.tw

辦公室：國立臺灣大學 / 凝態物理新館1301室



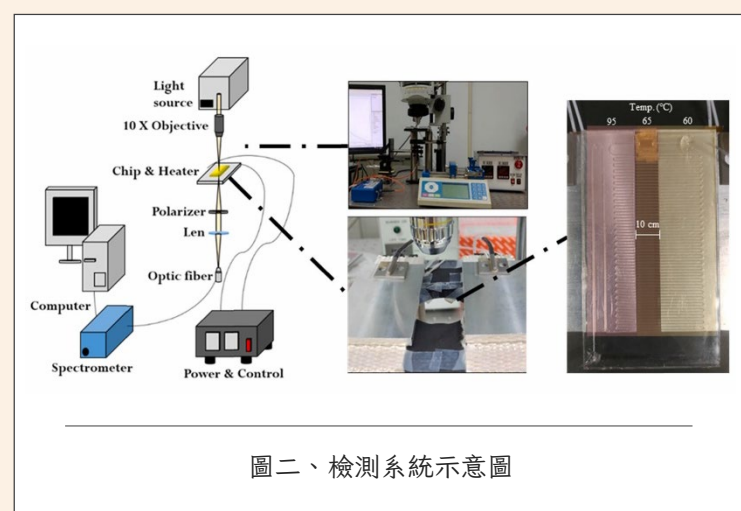
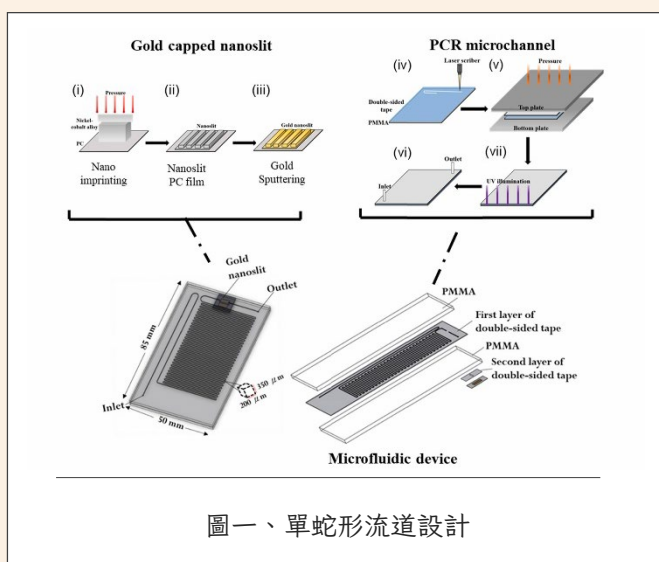
連續聚合酶鏈反應微流體結合金奈米狹縫感測晶片用於Epstein-Barr病毒檢測

魏培坤¹，沈弘俊²，范育睿³，洪皓倫²，曾曄傑²

中研院魏培坤教授團隊與國立臺灣大學沈弘俊教授團隊合作成功開發了一個結合DNA複製和檢測的微流控平台。此裝置可以在前端擴增基因片段，並在後端進行檢測，減少了分析所需的時間，且不會影響精確度或靈敏度。

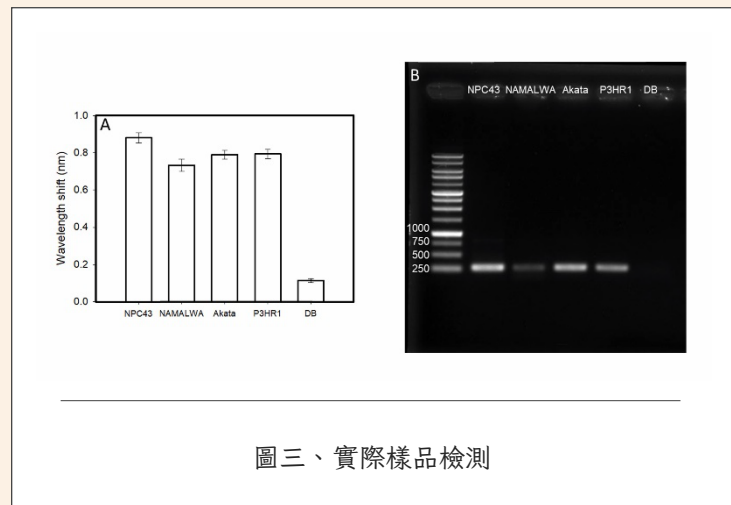
Epstein-Barr病毒（EBV）是一種人類疱疹病毒，與鼻咽癌、伯基特淋巴瘤和霍奇金淋巴瘤等多種癌症有關。研究表明，潛伏膜蛋白1（LMP1）存在於大多數EBV相關的惡性腫瘤中，被認為是這些疾病的預後生物標記。因此，開發一種敏感且高效的方法來檢測LMP1 DNA片段對於早期癌症診斷至關重要。

沈弘俊教授所帶領的團隊透過流道設計（圖一）將流道與檢測晶片相接，藉由不同加熱區域以對應PCR溫度，允許樣品在95°C和60°C之間多次加熱和冷卻，達到有效的熱循環，此設計也有效增大PCR溶液與加熱源的接觸面積，使溫度控制更加精準，從而縮短PCR反應時間。此外，在檢測晶片上通過靜電相互作用修飾LMP1 DNA探針並最佳化修飾時間與流道流速，使檢測效率提高。



魏培坤教授實驗室通過熱壓鑄奈米印刷光刻技術製造SPR奈米狹縫晶片，並結合穿透式共振光譜的光路設計（圖二）。當寬頻白光通過奈米狹縫SPR晶片時，位於SPR晶片另一側的偏光器會過濾出橫向磁場（TM）方向上的共振波長。傳輸的光線通過光纖透鏡收集，然後使用光譜儀進行測量分析。

實際測試中使用了四種EBV陽性細胞（NPC43、Akata、P3HR1 和 NAMALWA）和一種EBV陰性細胞（DB）。為了證明裝置能夠處理低濃度樣本，將實際樣本稀釋至 $10\ \mu\text{g/mL}$ 進行DNA檢測（圖三A），結果顯示，EBV陽性細胞均顯示為陽性，而EBV陰性細胞則為陰性。凝膠電泳顯示，傳統PCR放大的樣本（初始濃度為 $10\ \mu\text{g/mL}$ ）的螢光信號出現在對應位置（圖三B），這不僅表示這些EBV陽性細胞含有LMP1，還表示本研究中設計的引子能夠成功複製LMP1。螢光帶的強度也與圖三A中的檢測結果相對應。



圖三、實際樣品檢測

此裝置不僅通過微流控PCR縮短了擴增時間（至約36分鐘），並同時傳輸PCR擴增產物至SPR檢測晶片，無需犧牲準確性或靈敏度。低成本的製造方法使得該裝置適合大規模生產。此外，該裝置可以調整以針對不同的DNA序列，一旦確定了所需的DNA序列，就可以在裝置中準備和使用相應的PCR引子和DNA探針，進行進一步應用。

Han-Yun Hsieh, Ray Chang, Yung-Yu Huang, Po-Han Juan, Hidetoshi Tahara, Kuan-Yi Lee, Ming-Han Tsai, **Pei-Kuen Wei***, **Horn-Jiunn Sheen***, and Yu-Jui Fan*, "Continuous polymerase chain reaction microfluidics integrated with a gold-capped nanoslit sensing chip for Epstein-Barr virus detection." *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 195, p. 113672, 2022. (SCI IF= 13.39) [citation: 40]

1. 中央研究院應用科學研究中心
2. 國立臺灣大學應用力學所
3. 臺北醫學大學生物醫學工程學系

期刊連結



相關資訊

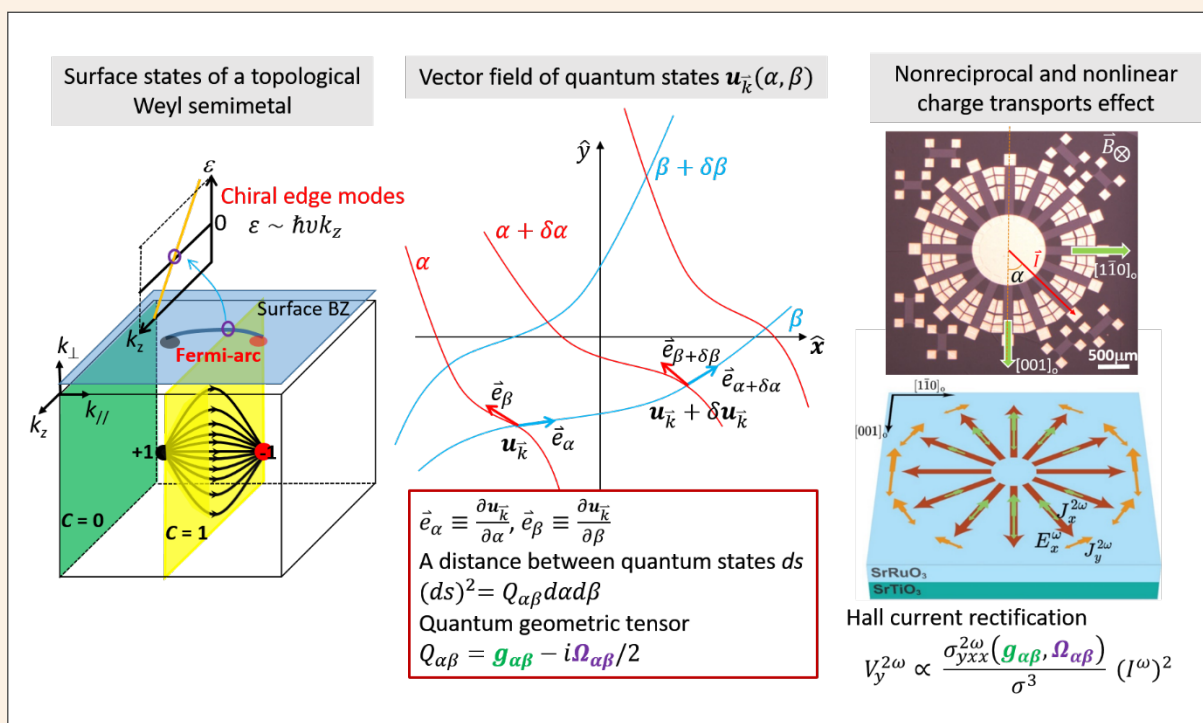
- 計畫主持人：沈弘俊教授 ✉ sheenh@ntu.edu.tw || 臺大應用力學研究所 || 魏培坤主任暨研究員 ✉ pkwei@gate.sinica.edu.tw || 中研院應科中心 ||
- 合作計畫名稱：以微流道整合表面電漿共振晶片開發微型聚合酶鏈鎖反應高通量快速檢驗裝置
- 計畫執行期間：2021.01.01 - 2022.12.31



運用非交互且非線性傳輸效應揭示拓撲物質系統的表面電子態

李偉立¹，陳奕君²

在拓撲系統中，非平凡拓撲的本體電子能帶與其引致之特殊表面電子態有著相互對應連結的關係，而如何從實驗中找尋表面電子態傳輸的特徵效應為一極具挑戰的議題。例如在拓撲外爾（Weyl）半金屬中，獨特的費米弧表面電子態在動量空間中連接了在表面上非重疊的外爾節點對（Weyl-node pair）。這些電子量子狀態對應的「向量場」可能衍生出非平凡的量子幾何張量（quantum geometric tensor）項： $Q_{\alpha\beta} = g_{\alpha\beta} - i\Omega_{\alpha\beta}/2$ ，其中 $g_{\alpha\beta}$ 和 $\Omega_{\alpha\beta}$ 分別是與量子電子態相關的尺規張量（metric tensor）和貝里曲率（Berry curvature）。最新研究顯示，這些單一相物質系統中的量子幾何張量可能會導致非交互且非線性電荷傳輸效應（NRTE）進而為量子幾何張量的實驗量測提供了一個具體的方法。



近期由『國立臺灣大學與中央研究院創新性合作計劃』共同協力資助的一項國際合作研究中，在拓撲鐵磁外爾金屬SrRuO3（SRO）磊晶薄膜的縱向和橫向電子輸運通道中發現了異常大的非交互且非線性傳輸效應（NRTE）。這些NRTE實驗結果顯示此拓撲物質系

統存在著一等效的貝里曲率偶極子，這與電子拓撲能帶理論計算中具備費米弧表面電子態和一維手性邊緣電子態的結果相符。我們的研究不僅強調了NRTE作為從電荷傳輸探測反演對稱性破缺之拓撲表面電子態的重要性，亦展示了在非交互電子學和非線性光學中拓撲材料的應用潛力。完整的數據和分析已發表在《Physical Review X》14, 011022 (2024)。

SRO磊晶薄膜的生長、元件製造和傳輸測量由中央研究院物理研究所李偉立博士的團隊與國立臺灣大學陳奕君教授的團隊在『國立臺灣大學與中央研究院創新性合作計劃』的支持下共同完成。電子能帶結構計算由國立臺灣大學郭光宇教授的團隊和紐約州立大學賓漢頓分校李偉正教授的團隊負責。光學二次諧波（SHG）測量由加州理工學院D. Hsieh教授的團隊進行。SRO磊晶薄膜的晶格結構鑑定則由國家同步輻射研究中心徐嘉鴻主任的團隊完成。

Uddipta Kar, Elisha Cho-Hao Lu, Akhilesh Kr. Singh, P. V. Sreenivasa Reddy, Youngjoon Han, Xinwei Li, Cheng-Tung Cheng, Song Yang, Chun-Yen Lin, I-Chun Cheng, Chia-Hung Hsu, David Hsieh, Wei-Cheng Lee, Guang-Yu Guo, and Wei-Li Lee, "Nonlinear and Nonreciprocal Transport Effects in Untwinned Thin Films of Ferromagnetic Weyl Metal SrRuO₃", *Physical Review X* 14, 011022 (2024).

1. 中央研究院物理研究所
2. 國立臺灣大學光電工程學研究所

期刊連結



相關資訊

- 計畫主持人：陳奕君教授 ✉ iccheng@ntu.edu.tw || 臺大光電工程學研究所 || 李偉立研究員 ✉ wlee@phys.sinica.edu.tw || 中研院物理研究所 ||
- 共同主持人：陳建彰教授 ✉ jianchen@iam.ntu.edu.tw || 臺大應用力學研究所 ||
- 合作計畫名稱：二維度電子元件的製備與特性鑑定
- 計畫執行期間：2021.01.01 - 2022.12.31



實現二維材料自旋閥中的高品質界面

黃鼎鈞¹，江正天^{2,1}，白奇峰³，謝雅萍²，謝馬利歐¹

自旋電子學是一項利用電子自旋與磁矩來創新電子設備的技術，它被期待能夠提升電子元件的性能、效率以及可擴展性。自旋閥是自旋電子學的基礎元件，其結構包含兩側的鐵磁層以及中間有一非磁性間隔層，透過外部磁場調整鐵磁層的自旋方向可以造成磁阻改變，越高的磁阻變化率可以提高電子元件的靈敏度與性能。

藉由石墨稀其超薄的二維結構以及特殊的電性，它被期待成為自旋閥中理想的非磁性間隔層。然而，在傳統複雜的製程中所產生的非預期界面汙染及氧化劣化了自旋傳輸的能力，因而降低了元件的性能。

為了能改善界面的品質，我們開發了一種創新的製程方法「無干擾界面沉積法」(Uninterrupted Contact Deposition, UCD)，我們先將作為間隔層的石墨稀懸浮在有孔洞的基板上，再同時將鐵磁電極（鈷, Co）蒸鍍到間隔層兩側（UCD-GSVs），整個蒸鍍的過程都在高真空腔體中完成，可以確保鐵磁層的表面都沒有直接接觸到空氣（圖a），藉此能減少界面汙染及氧化的問題。

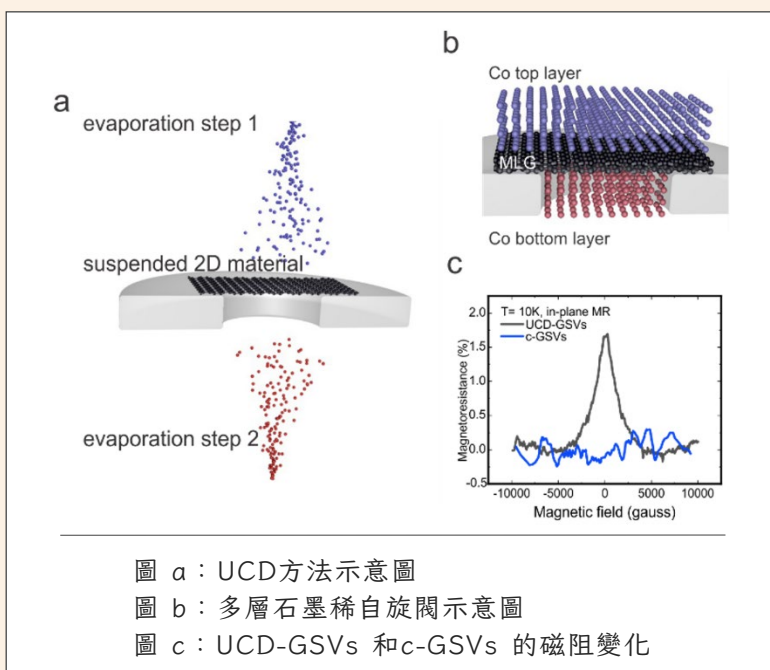


圖 a：UCD方法示意圖
圖 b：多層石墨稀自旋閥示意圖
圖 c：UCD-GSVs 和 c-GSVs 的磁阻變化

為了能夠實現UCD製程，謝雅萍教授提供了高品質的石墨稀，使我們能將其懸浮，並結合謝馬利歐教授在微電子元件的設計專業來完成新型自旋閥的製作，白奇峰教授提供了他在建造自旋量測系統上的經驗，使我們能夠自行建立一套簡單且可靠的量測系統，而江正天教授協助了我們的磁性數據分析，使我們能深入了解元件背後的物理機制。

相比於傳統製程製作的石墨稀自旋閥（c-GSVs），我們的實驗成果顯示UCD-GSVs擁有更優異的導電性，且顯示出明顯的磁阻變化，而c-GSVs並沒有明顯可辨認的磁阻訊號。不僅如此，UCD-GSVs達到了相似科學研究報告中的最高磁阻比（約1.7%）。

我們的實驗結果證明UCD方法能有效製造超純淨界面和促進二維材料自旋閥中的自旋傳輸。我們進一步將UCD方法應用於多層石墨烯自旋閥，釐清了自旋晶格散射在此系統中引起的隧穿機制。

結論與展望

研究結果顯示UCD是一套能夠製備具高品質界面自旋元件的創新製程，也證明了元件的效能及穩定度與界面的純淨度有高度的關聯。我們也相信這套製程具有應用至其他二維材料自旋元件的潛力，是一個能被廣泛應用的元件整合模式。

Ting-Chun Huang, Wen-Hua Wu, Meng-Ting Wu, Chiashain Chuang, Chi-Feng Pai, Ya-Ping Hsieh and Mario Hofmann ,
“Realizing High-Quality Interfaces in Two-Dimensional Material Spin Valves”, **ACS Materials Letters** 6, 1, 94 (2024)
(IF: 11.4)

1. 國立臺灣大學物理學系
2. 中央研究院原子與分子科學研究所
3. 國立臺灣大學材料科學與工程學系

期刊
連結



相關
資訊

- 計畫主持人：謝馬利歐教授 ✉ mario@phys.ntu.edu.tw | 臺大物理學系 |
江正天助研究員 ✉ ctchiang@pub.iam.sinica.edu.tw | 中研院原分所 |
- 共同主持人：白奇峰副教授 ✉ cfpai@ntu.edu.tw | 臺大材料所 |
謝雅萍副研究員 ✉ yphsieh@gate.sinica.edu.tw | 中研院原分所 |
- 合作計畫名稱：磁性金屬與二維材料介面之直接觀測
- 計畫執行期間：2023.01.01 - 2024.12.31