

新聞稿

即時發放

補充說明

1. 量子霍爾效應和貝里曲率

量子霍爾效應 (The Quantum Hall effect ,QHE) 是霍爾效應的量子力學版本。一般可分為整數量子霍爾效應 (Integer Quantum Hall Effect, IQHE) 和分數量子霍爾效應 (Fractional Quantum Hall Effect, FQHE)。整數量子霍爾效應是由德國物理學家馮·克里欽 (Klaus von Klitzing) 發現的，他亦因此發現於 1985 年獲得諾貝爾物理學獎。分數量子霍爾效應是由美籍華裔物理學家崔琦、德國物理學家施特默 (Horst Störmer) 和美國材料學家戈薩德 (Arthur Gossard) 發現的。基於此，崔琦和施特默在 1998 年與美國物理學家羅伯特·勞克林 (Robert Laughlin) 共同獲得了諾貝爾物理學獎。

整數量子霍爾效應描述的現象是，當二維電子氣體受到橫向電流時，測得的縱向電導率在基本自然常數的倍數處表現出平台狀態。整數量子霍爾效應中出現的整數是拓撲量子數 $\frac{e^2}{h}$ 。在數學和拓撲學中，它們被稱為陳數 (以紀念中國數學家陳省身)，它們與固體材料能帶結構中的非平凡貝里曲率密切相關。量子霍爾效應及其衍生的現象，如量子反常霍爾效應、量子自旋霍爾效應、最近在扭轉雙層石墨烯中發現的非線性霍爾效應等，都表現出新穎且廣泛適用的電運輸性質和非平凡貝里曲率的數學本質。

2. 扭轉雙層石墨烯中的霍爾效應

扭轉雙層石墨烯作為二維量子莫爾材料的代表，具有易控性的突出優勢。通過連續掃描扭轉角，施加電場和磁場，可以微調系統中相互作用和電子填充。這突破了傳統量子霍爾效應器件，如二維電子氣體材料的局限性。扭轉雙層石墨烯具有複雜的能帶結構 (具有長程關聯效應的拓撲平帶體系)，在模型計算中須考慮莫爾尺度上的應變和不均勻性等因素，這些因素遠大於晶格尺度。在是次合作中，理論團隊通過模型設計和大規模計算發現，扭曲石墨烯與典型的拓撲材料不同，其獨特的拓撲平帶可以有效控制貝里曲率的動量空間分佈。實驗小組亦確實觀察到理論團隊的發現，當向扭曲的石墨烯施加頻率為 ω 的橫向驅動電流時，在縱向上具有明顯的頻率為 2ω 的非線性電壓回應。

這項研究的成功對新材料和量子信息等行業，特別是在涉及低頻電流倍頻和整流的應用中具有潛在的影響。可以預見的是，通過控制扭曲石墨烯中的貝里曲率偶極矩，可在室溫下實現具有顯著回應和超高靈敏度的太赫茲檢測。