科学家在二维量子磁体中发现“拓扑克尔效应”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26762.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

科学家在二维量子磁体中发现“拓扑克尔效应”。近日，中国科学院合肥物质科学研究院与中国科学技术大学等合作，依托稳态强磁场实验装置（SHMFF），在二维新型量子磁体斯格明子元激发的理论与实验研究中取得进展，提出拓扑克尔效应的概念。

斯格明子的概念起源于粒子物理，被广泛应用于描述凝聚态磁性材料中一类独特的拓扑元激发，其自旋在实空间以旋涡状或环状排列，整体具有非平庸拓扑特性，可成为新一代磁存储及逻辑器件的信息载体。对于斯格明子的表征，常借助电学测量中的拓扑霍尔效应作为其存在的有力判据之一，但电学测量仅适用于金属体系。随着拓扑磁性材料的有效拓展，斯格明子领域迫切需要发展适用于更多体系的表征手段，如针对非金属体系斯格明子的表征。

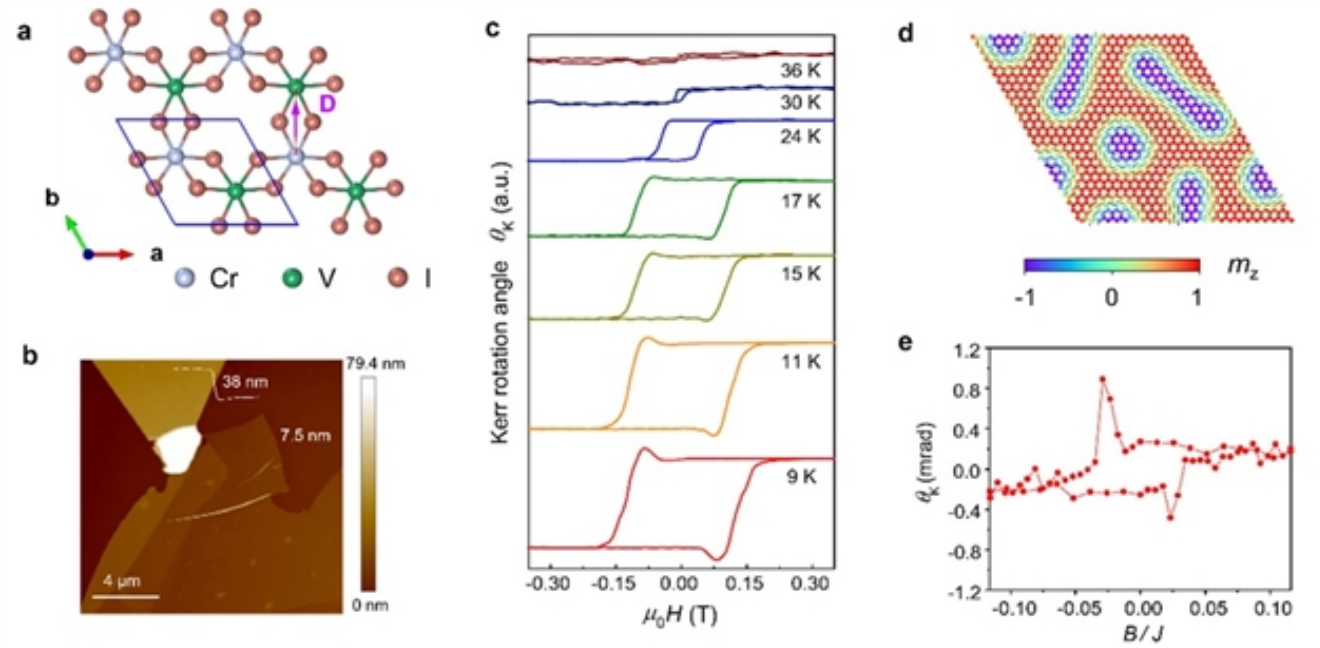
2017年，科学家在实验中发现了二维铁磁材料CrI3和CrGeTe3。在此基础上，研究团队通过第一性原理计算预言了一类与CrI3同构、但具有非平庸拓扑电子态的新型二维铁磁性材料CrMX6（M=Mn, V; X=I, Br）。此次，研究团队利用化学气相输运法合成了高质量二维CrVI6单晶，依托SHMFF的低温磁场显微光学系统，开展了高精度微区磁光克尔效应研究，确认了薄层CrVI6材料亦具有铁磁基态。研究发现，在特定的厚度范围、温度区间内，磁光克尔回线的磁化反转区出现了两个反对称的猫耳状凸起。该特征与块体的M-H磁滞回线完全不同，却与典型磁斯格明子体系中的电学拓扑霍尔效应高度相似。

进一步理论分析表明，两种磁性原子Cr与V的共存会导致中心反演对称性破缺，在自旋轨道耦合作用下诱导出很强的Dzyaloshinskii－Moriya交换作用，从而具备产生拓扑磁结构——斯格明子的前提条件。研究团队通过原子尺度的磁动力学模拟和理论计算，揭示出斯格明子的拓扑荷对于光电场下传导电子的散射是光学克尔角在磁翻转过程中出现凸起信号的微观原因。研究人员通过磁力显微镜成像实验，观察到CrVI6中带状磁结构演化为点状磁结构的磁场与磁光克尔凸起对应的磁场一致，进一步佐证了该光学克尔信号的拓扑属性。

基于上述结果，合作团队凝练了拓扑克尔效应这一核心概念，基于这一概念提出了利用光学手段开展拓扑磁结构无损/非侵入式探测的新方案。该方案基于交变光电场，在直流电学拓扑霍尔效应的基础上，进一步放宽了对材料导电性的要求，拓宽了应用范围。强磁场光谱学的技术优势使得这一方案可以对斯格明子和其他拓扑元激发开展空间分辨、无损、非接触式探测，为揭示拓扑磁结构的微观机理奠定了物理基础、提供了表征手段。

相关成果发表在《自然-物理学》（Nature Physics）上。研究工作得到国家重点研发计划等的支持。（来源：中国科学技术大学）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41567-024-02465-5



拓扑克尔效应的材料体系与物理过程

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：张振宇等 来源：《自然—物理学》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发