
美国科学家发现拓扑电荷序

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14197.html>

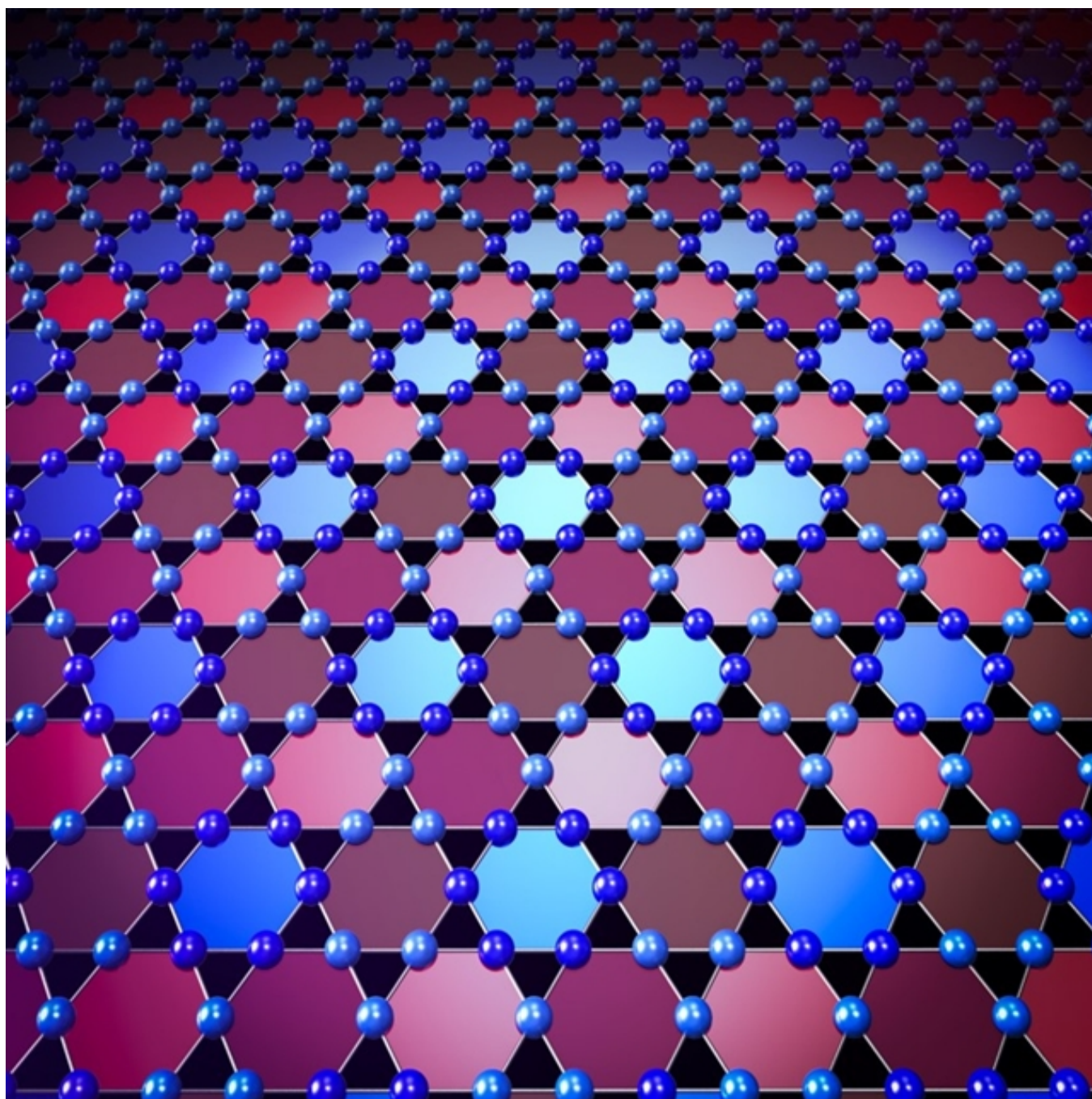
本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

美国科学家发现拓扑电荷序。

北京时间2021年6月10日晚23时，美国普林斯顿大学拓扑物质实验室M Zahid

Hasan教授和副研究员殷嘉鑫共同在Nature

Materials杂志上发表了一篇新研究，题为Unconventional chiral charge order in kagome superconductor KV₃Sb₅，他们发现了拓扑电荷序。这种物理现象来自于笼目超导材料KV₃Sb₅内的一种非常规的手性电荷序。



图：笼目超导体的拓扑电荷顺序示意图。蓝色球体是笼目晶格。笼目晶格中的不同颜色代表实验中观察到的手性电荷顺序。

我们都知道电子自旋可以产生磁性，而该课题组的发现提供了电荷在晶格内运动产生磁性的例子。这种轨道电流会产生反常的霍尔效应，并且是非常规超导电性的先驱。

这一发现的根源在于1980年代两个基本发现。一个基本发现是量子霍尔效应，这项发现获得了1985年诺贝尔物理学奖。理论数学的一个分支，拓扑学，第一次开始从根本上改变我们对物质的描述和分类。其中，轨道电流诱导量子化霍尔效应的重要理论概念由普林斯顿大学物理学教授F. Duncan Haldane 于1988年提出，并于2016年获得诺贝尔奖。另一个基本发现是非常规高温超导体，这项发现于1987年获得诺贝尔奖。这些超导体的异常正常状态一直困扰着科学家。1997年，加

利福尼亚大学河滨分校的物理学教授Chandra M. Varma提出了作为非常规超导先驱的回路电流的重要理论概念。这两种不同领域的重要理论的关键是电荷可以在特殊的晶格中流动以产生轨道磁性。然而，这种拓扑电荷顺序的直接实验实现极具挑战性。

该论文的通信作者之一普林斯顿大学副研究员殷嘉鑫，告诉《中国科学报》，实现拓扑电荷序需要特殊的晶格结构和比较强的电子相互作用。通过近些年对笼目晶格的系统研究 [Jia-Xin Yin et al. Nature 562, 91 (2018); Jia-Xin Yin et al. Nature Phys 15, 443 (2019), Jia-Xin Yin et al. Nature 583, 533 (2020), Jia-Xin Yin et al. Nature Reviews Physics 3, 249 (2021)], 研究团队逐渐认识到笼目超导材料很有可能可以实现这种新奇电荷序。这是因为笼目晶格具有特殊的对称性和阻错效应，而因为超导的形成往往来自体系有电荷的不稳定性。目前已知的笼目超导体有十多种，且早在40多年前就被发现。其中一个比较有望实现这种电荷的材料是 AV_3Sb_5 体系 ($A=K, Rb, Cs$)，近期在这个体系的实验发现在80K附近有一个未知的相变。

研究人员利用扫描隧道显微镜首先研究了 KV_3Sb_5 材料。他们发现扫描显微图像显示出材料中的原子偏离了本来的位置，形成了 2×2 的超晶格（图1）。这种超晶格在他们之前研究过的近十种笼目晶体中从未看到过，是笼目晶体中一个全新的现象。进一步，研究人员发现这种超晶格在80K就会消失，他们推测它有可能是一种电荷序。

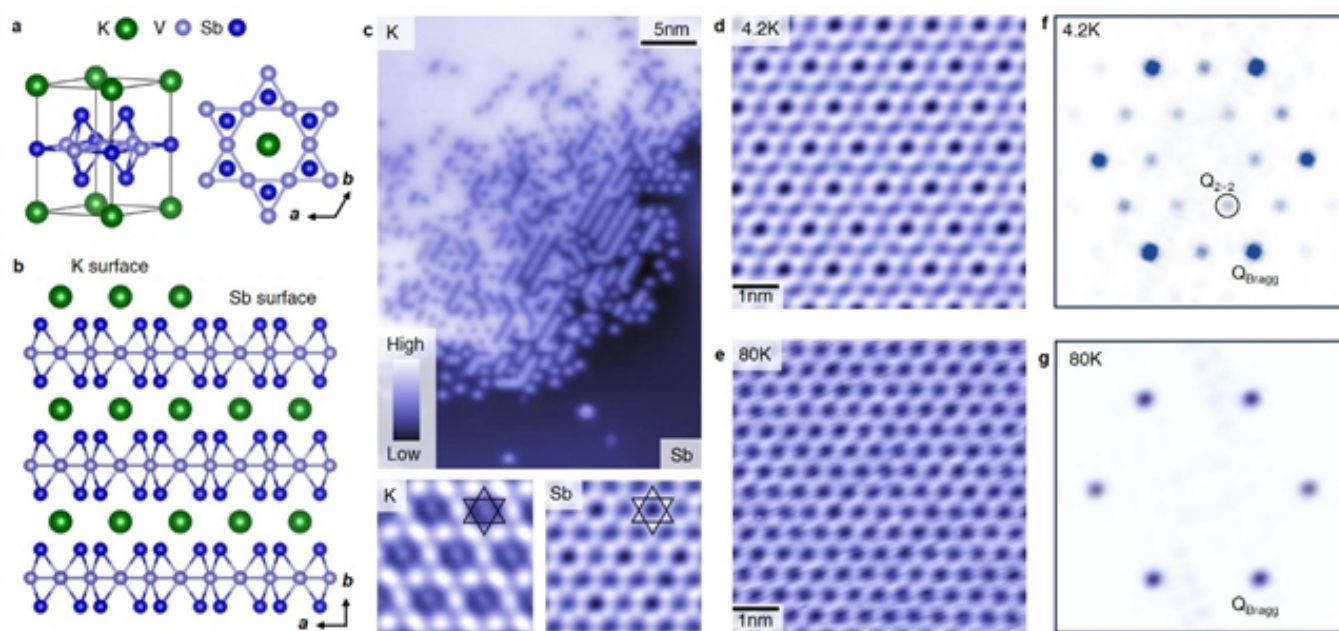


图1 扫描隧道显微图像中的 2×2 超晶格。

如果真的是来自电荷序，那么按照以前研究电荷密度波的经验，应该在能谱中打开一个能隙，并且跨越这个能隙电荷的空间分布会发生反转。研究人员进行了高能量分辨率空间分辨率的谱学测量，果真观测到了能隙的打开以及跨越能隙的电荷反转效应（图2）。同时，研究人员也再次确认了这些奇特的谱学信号也在80K消失。这一系列数据可以证明在这个笼目超导体中存在一个 2×2 电荷序。

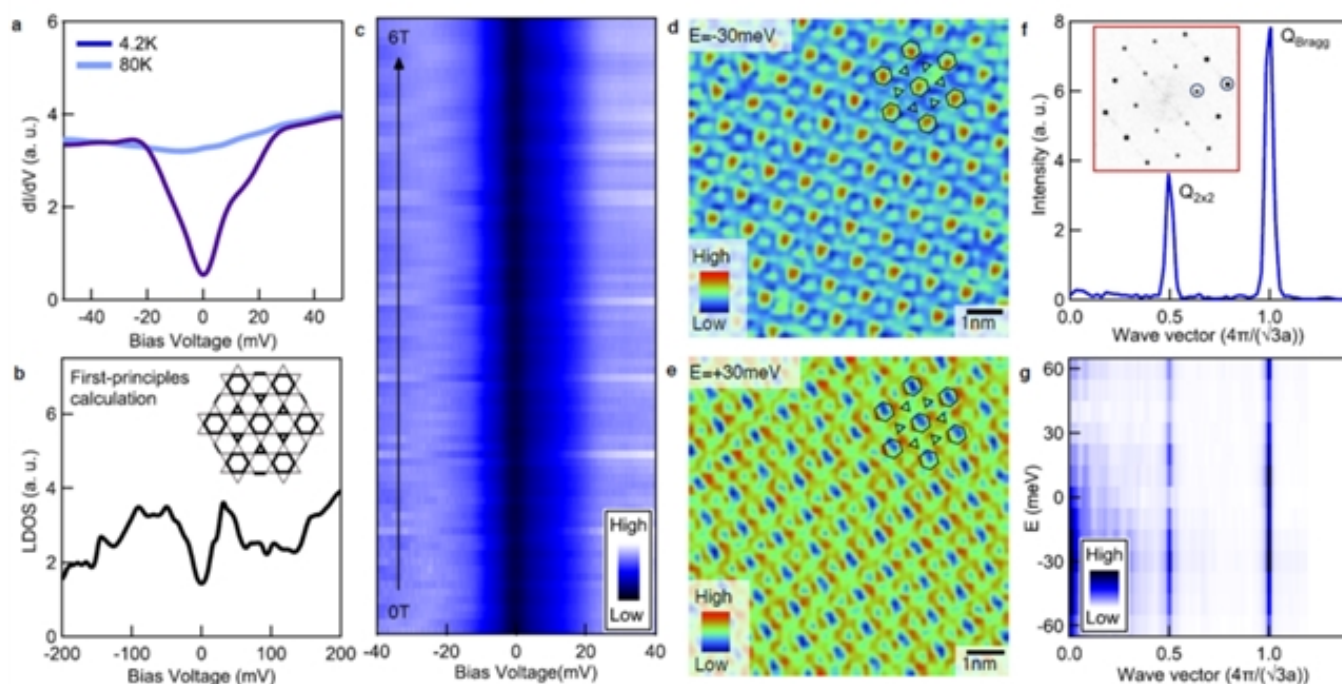


图2 扫描隧道显谱发现的2x2电荷序。

现在，研究人员可以勇敢地提出终极问题：这是否是拓扑电荷序？幸运的是在这些年的笼目材料研究中，研究人员逐渐开发出基于矢量磁场的扫描隧道显微技术用于发现各种拓扑效应。从根本上说，施加在电子系统上的磁场会导致一个特殊的拓扑结构：磁通量子 (h/e) 和量子霍尔电导 (Ne^2/h , 与陈数 N 相关, 拓扑不变量) 都来自同一组基本常数, 包括普朗克常数 h 和基本电荷 e ；磁场的矢量性质可以与拓扑物质的手性发生相互作用, 以探测到拓扑不变量相关的效应。研究人员立马对他们观测到的电荷序施加了不同方向的磁场, 在数据结果出来之前, 他们都不知道将要发生什么。

最终结果显示, 原来这个电荷序还存在一个隐藏的手性特征, 而外加磁场可以反转电荷序的手性 (图3)！这是一个激动人心的结果。它们进一步在多个 KV_3Sb_5 样品上重复了这个现象。近期它们还在 RbV_3Sb_5 和 CsV_3Sb_5 测量到了同样的磁场可调手性电荷序 (分别发表在预印本: arXiv:2105.00550 和 arXiv:2105.04542)。磁场的调控特性显示出这个电荷序破坏时间反演对称性, 和 Haldane 模型或者 Varma 模型有异曲同工之妙。研究人员进一步结合第一性原理计算发现这个手性电荷序的拓扑效应 (图4) 会产生很大的反常霍尔效应, 他们计算的数值结果和已有的霍尔效应实验数据吻合。(来源: 科学网)

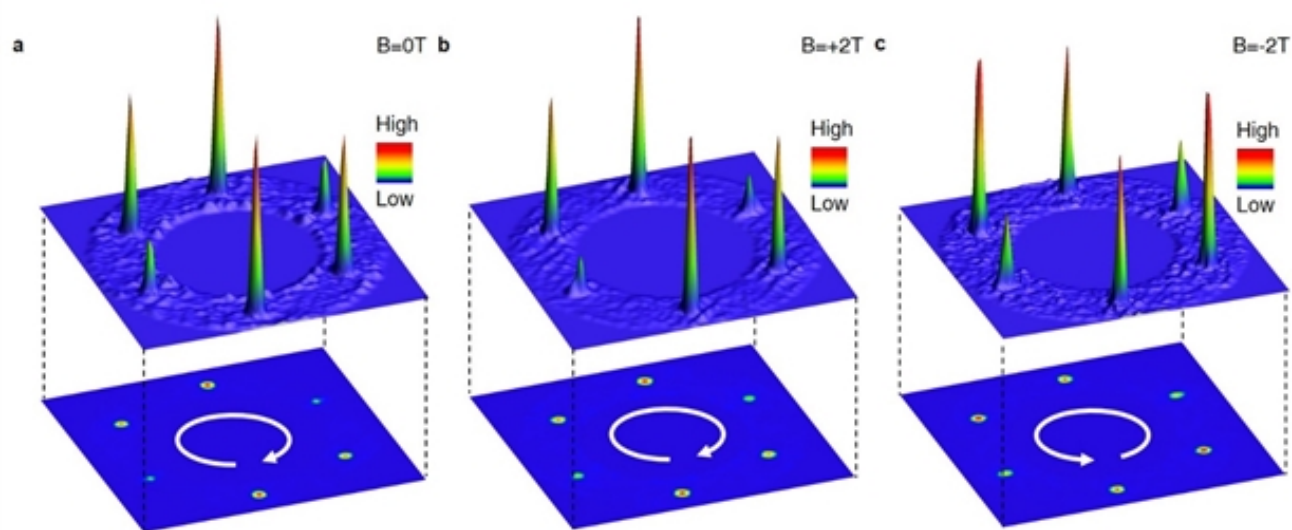


图3磁场对电荷序手性调控。

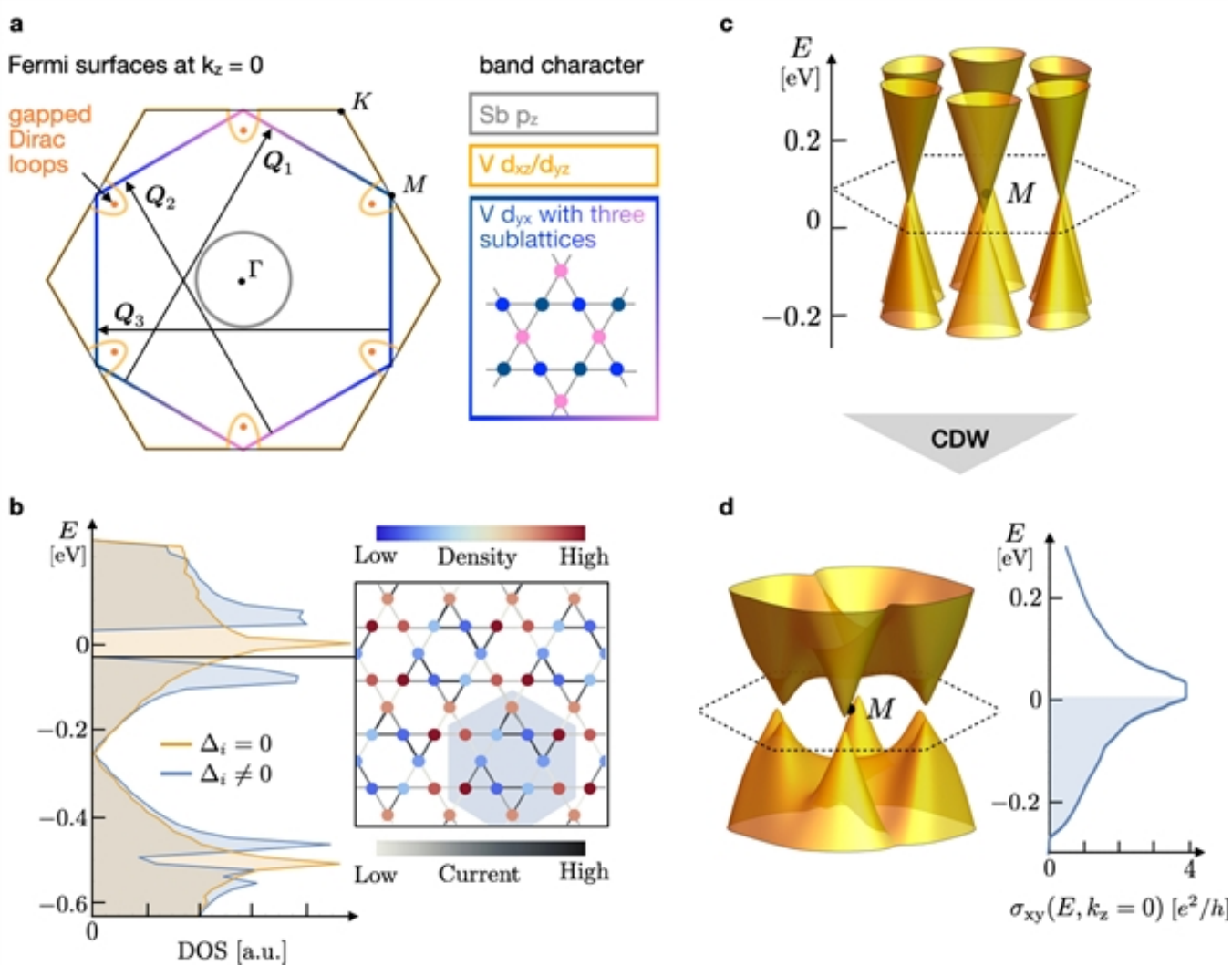


图4手性电荷序的拓扑效应。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41563-021-01034-y>

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事宜，请与我们联系。

来源：《自然-材料学》

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](https://www.iikx.com)转发