

南科大刘奇航课题组在磁性轴子绝缘体方向取得研究进展

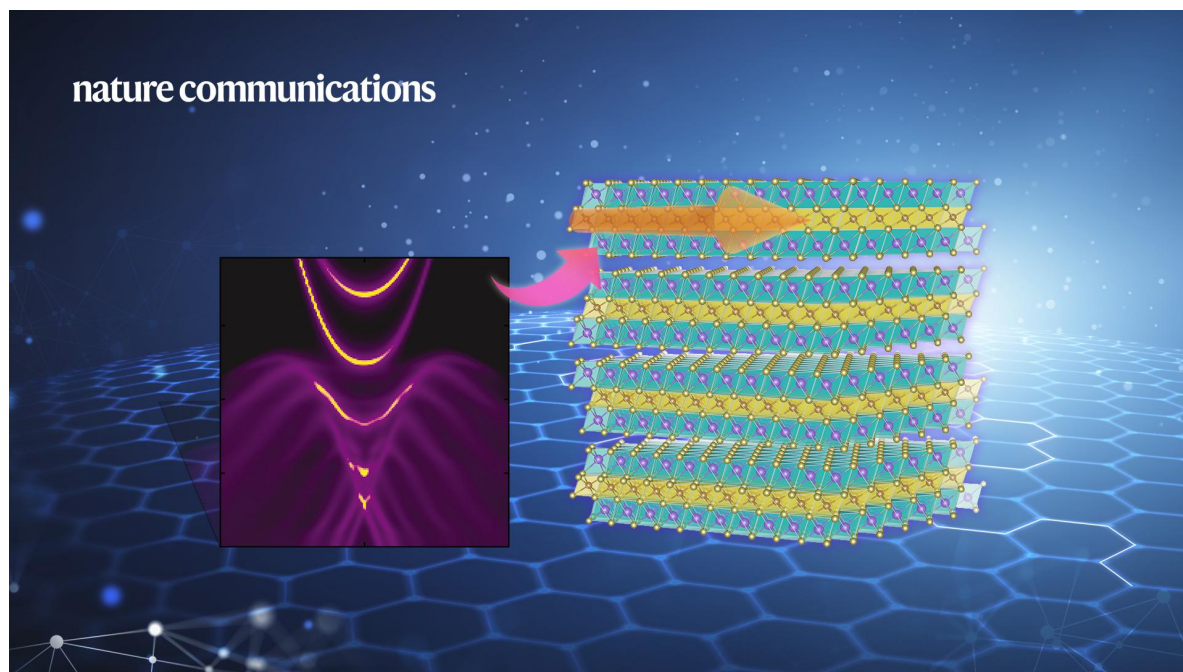
提交文章

2021年06月18日 科研新闻 浏览量 1506



返回

近日，南方科技大学物理系和量子科学与工程研究院副教授刘奇航课题组在磁性拓扑材料领域取得进展。相关研究成果以“Spectral signatures of the surface anomalous Hall effect in magnetic axion insulators”为题发表在《自然·通讯》（Nature Communications）。



人物
媒体

特殊的电子边界态行为是拓扑绝缘体、外尔半金属、轴子绝缘体、拓扑超导体等拓扑材料的独有性质，证实材料拓扑性质的直接证据之一就是观测到这种电子边界态行为。理论表明，磁性拓扑材料（如轴子绝缘体）的表面处具有半整数量子化的量子反常霍尔电导，这是体拓扑

磁电效应在边界上的表现。边界态及量子反常霍尔效应对杂质、缺陷等微扰并不敏感，因此在低耗散型电子器件以及量子计算器件的设计中具有较高的应用前景，近年来获得了广泛关注。

具有内禀磁化强度的拓扑材料 $MnBi_2Te_4/(Bi_2Te_3)_n$ 的兴起为研究具有时间反演对称性破缺的轴子绝缘体提供了一个绝佳的平台。刘奇航课题组之前的理论研究表明，通过材料设计的手段改变材料中 $MnBi_2Te_4$ 和 Bi_2Te_3 层的比例及其堆垛情况，可以实现多种二维拓扑相，包括时间反演对称的量子自旋霍尔效应、时间反演破缺的量子自旋霍尔效应以及量子反常霍尔效应【PRL 123, 096401 (2019)】。而在本研究中，课题组进一步探讨了不同三维拓扑相的出现与材料中电子跃迁和交换相互作用强度的关系。在建立了有效模型哈密顿量后，可以通过调节模型中的参数调控诸如轴子绝缘体、外尔半金属、三维陈绝缘体、三维量子自旋霍尔绝缘体（脆拓扑）等拓扑物相，如下图所示：

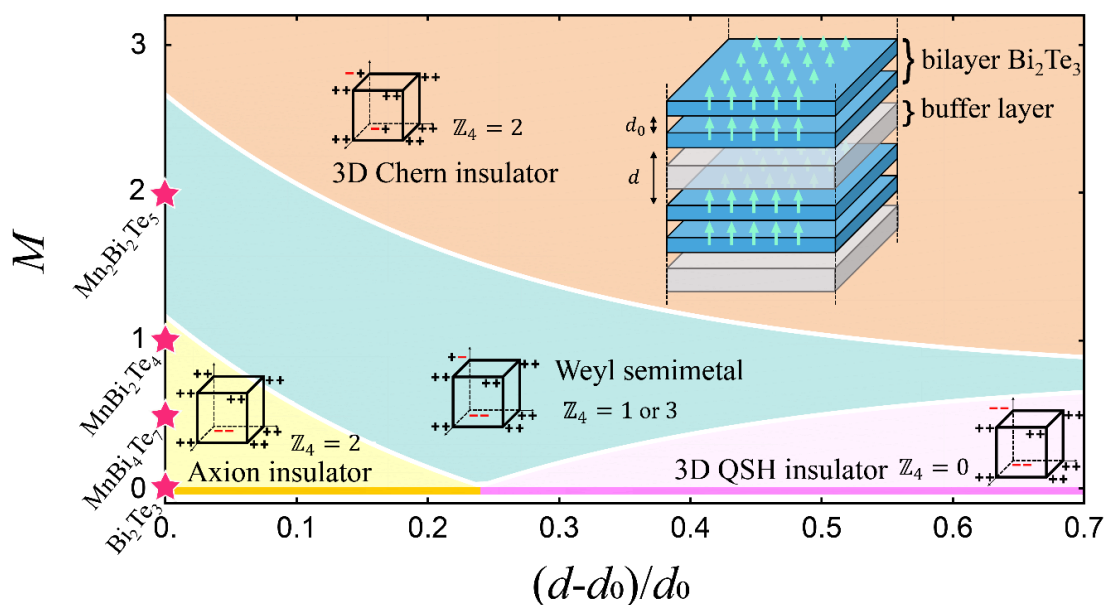


图1. Mn-Bi-Te体系随层间电子耦合及交换相互作用的不同展现出丰富的拓扑物相

上述丰富的相图与研究不同拓扑相下的电子边缘态行为提供了很好的平台。拓扑物相对应着特殊的边缘态，包括二维的表面态、一维的棱态以及零维的角态。理论分析预测，在铁磁轴子绝缘体表面的边缘处应存在棱态，而反铁磁轴子绝缘体中则不存在此棱态。因此有必要从材料模拟的角度对类似于Mn-Bi-Te等真实材料体系中的棱态与电子拓扑行为进行研究。

刘奇航课题组发展了基于第一性原理计算原子层分辨的局域反常霍尔电导以及边界态电子能谱的方法，对不同拓扑态下的 $MnBi_2Te_4/(Bi_2Te_3)_n$ 材料进行了模拟。结果表明，无论是铁磁还是反铁磁状态下的轴子绝缘体 $MnBi_2Te_4$ 和 $MnBi_4Te_7$ 的表面上均表现出半整数量子化的反常量子霍尔电导。为了更进一步研究半整数量子化效应对应的可观测的物理量，课题组通过格林函数方法计算了材料上下表面、侧表面、以及棱处位置的电子态能谱，如下图所示：

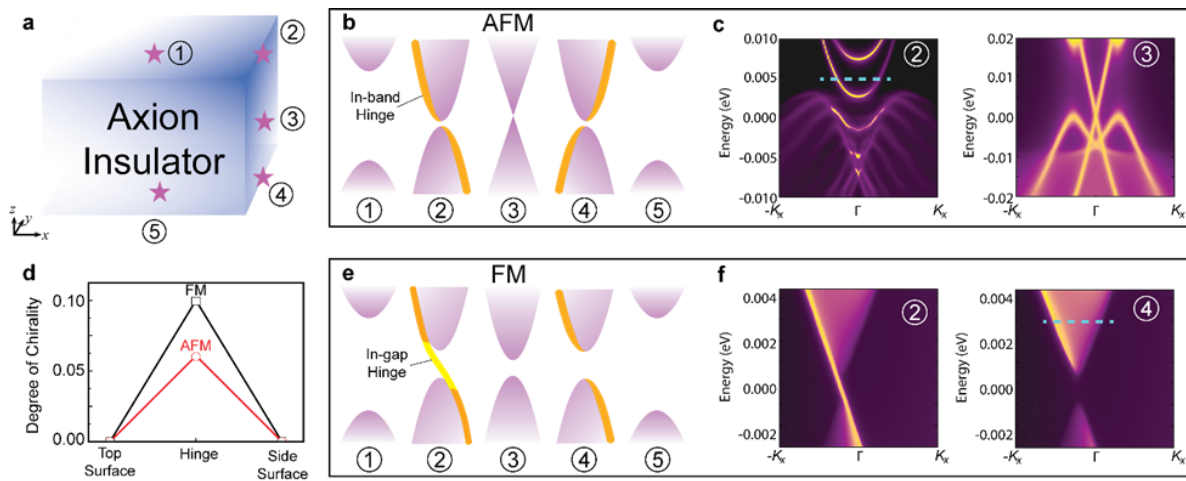


图2. 轴子绝缘体的各表面上的表面态以及棱上的边缘态

可以看出铁磁与反铁磁状态下的边缘态有明显的区别：铁磁相下，在边缘处有一连接导带和价带的无能隙态（in-gap hinge state），而反铁磁的轴子绝缘体并不存在带隙内的边缘态，但是存在镶嵌在导带和价带中具有手性的带内边缘态（in-band hinge state），这可以被看做轴子拓扑态的边缘态谱学特征，为后续的实验测量提供了理论支持。

刘奇航课题组研究副教授顾铭强、2020级博士生李嘉裕为共同第一作者。刘奇航、上海科技大学助理教授刘健鹏为通讯作者，合作者还包括物理系副教授刘畅和物理系教授卢海舟。本课题的开展和完成得到了科技部重点研发计划青年项目、国家自然科学基金等项目的支持。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-021-23844-z>

供稿：物理系
 通讯员：孙艺琛
 编辑：劳湘雯

最新动态

王伟中书记到南方科技大学讲思想政治理论课 【红色基因与时代使命】重温延安历史 感悟我校召开2021年延安精神

10月22日，广东省副省长、深圳市委书记王伟 2021年10月21日下午，我校《红色基因与时代使命》特色思政课第六讲开讲。 10月20日下午，20中到南方科技大学，结合党史学习教育，围绕“...命》特色思政课第六讲开讲。 在办公楼209会议室实现中华民族伟大复兴为己任，在鹏城大地用奋斗

FOLLOW US @SOCIAL MEDIA

关注社交媒体上的我们



© 2017 SUSTech. All Rights Reserved.