界面超导体系与拓扑半金属体系的表面电子-声子相互作用研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/7563.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！

电子-声子相互作用在凝聚态物理中极为重要，不仅与材料的热力学、载流子动力学等宏观物理性质密切相关，还在超导电子配对、电荷密度波的形成等微观物理现象中起到重要作用。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心表面物理国家重点实验室SF06组研究员郭建东、副研究员朱学涛和博士生曹彦伟（已毕业）等人，在2015年成功研制了世界首台具有能量-动量二维解析能力的高分辨电子能量损失谱仪（2D-HREELS）[*Rev. Sci. Instrum.* 86, 083902 (2015)]。该系统将一个带有特殊设计电磁透镜组的电子束单色器与商业化的二维半球形分析器结合，可以同时探测到散射电子能量和动量的信息。该谱仪可以对表面元激发进行高分辨、高效率的测量，能够给出电子、晶格及其集体激发的综合信息，是研究低维材料体系电子-声子等多体相互作用的利器。

近年来，利用此2D-HREELS系统，SF06组在界面超导体系FeSe/$SrTiO_3$的晶格动力学和电子-声子相互作用机理的研究

$_3$衬底的光学声子模式可以产生电场穿透FeSe薄膜[*Phys. Rev. B* 94, 081116R (2016)]；又系统研究了FeSe薄膜的晶格动力学[*Phys. Rev. B* 97, 035408 (2018)]；并发现了该体系中非绝热的电子-声子相互作用引起的界面极化子对超导增强的贡献[*Phys. Rev. Lett.* 122, 066802 (2019)]；以及在BCS-BEC相图中详细探讨了FeSe/$SrTiO_3$界面超导体系的特殊性[*Chin. Phys. Lett.*, 36, 107404 (2019)]。这一系列工作对进一步理解FeSe/$SrTiO_3$界面的超导增强提供了有益的思路。

最近，SF06组将此研究方向拓展到了拓扑半金属体系。研究表明，在拓扑节线型半金属材料ZrSiS中，存在着由于非同构对称性被表面破缺而形成的新奇二维表面态，引起了广泛的关注。金属体系中较强的电子-声子相互作用会引起声子色散在二倍费米波矢位置的软化，称为科恩（W. Kohn）反常。科恩反常现象在一维、二维、三维金属体系，以及具有表面电子态的体系中都广泛存在，是研究电子-声子相互作用的重要实验手段。近年来在拓扑绝缘体以及拓扑晶态绝缘体中均观测到了与拓扑保护的表面态相互作用而引起的表面光学声子的科恩反常。

SF06组博士生薛思玮等在朱学涛、郭建东的指导下，与理论室研究员方辰、极端条件实验室研究

员石友国等合作，利用上述2D-HREELS系统，测量了ZrSiS表面高对称方向的声子色散谱，发现了一支表面光学声子能带在各方向均具有显著的能量软化特征，由布里渊区中心的~25 meV软化至二倍费米波矢处的~16 meV，形成了“ V ”型的科恩反常。利用基于无规相近似（RPA）的电子声子相互作用模型，发现这个能量软化起源于表面光学支声子与ZrSiS新奇二维表面态之间的相互作用。通过对实验数据的拟合，此工作还确定了由该光学支声子引起的动量依赖的电声耦合常数。

这种表面声子与二维表面电子态之间的相互作用，对低维器件的性能具有重要影响。该工作所揭示的表面电子-
声子
相互作用
的物理图像对这类半金属体系未来的可能应用具有重要价值。这一研究成果以*Electron-phonon coupling and Kohn anomaly due to floating two-dimensional electronic bands on the surface of ZrSiS* 为题发表于*Phys. Rev. B* 100, 195409 (2019)，并被选为当期的编辑推荐(Editors ’ Suggestion)文章。

上述工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院青年创新促进会等的资助。

文章链接：123456

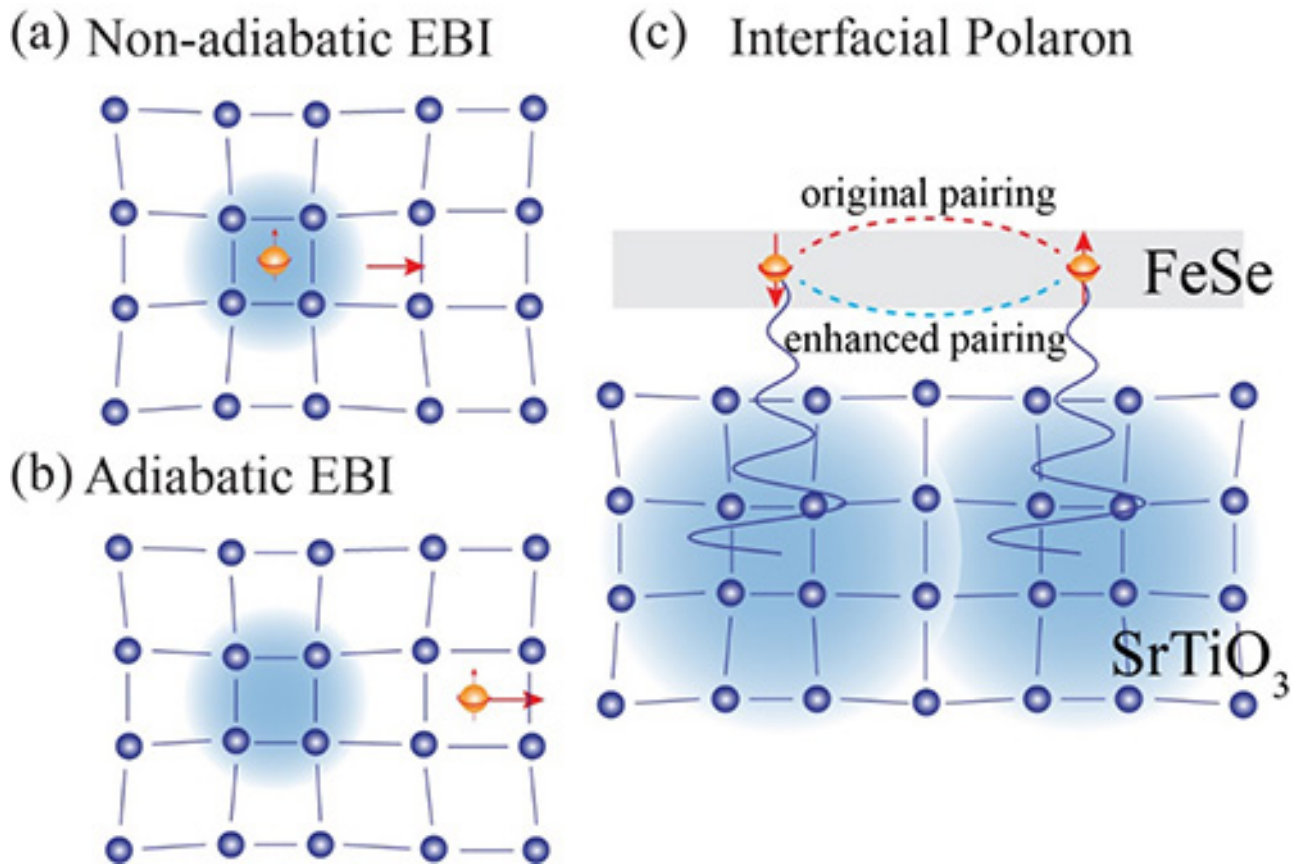


图1：FeSe/$SrTiO_3$
界面耦合增强示意图。FeSe中的电子可以通过
$SrTiO_3$衬底声子产生的极化场发生非绝热的电子-玻色子相互作用(EBI)（图a），这与传统超导中

绝热的电子-玻色子相互作用（图b）具有明显的不同。这种非绝热相互作用可以在界面处产生动态极化子，其相互吸引可以提高FeSe中原有电子配对的能量（图c），从而增强超导。

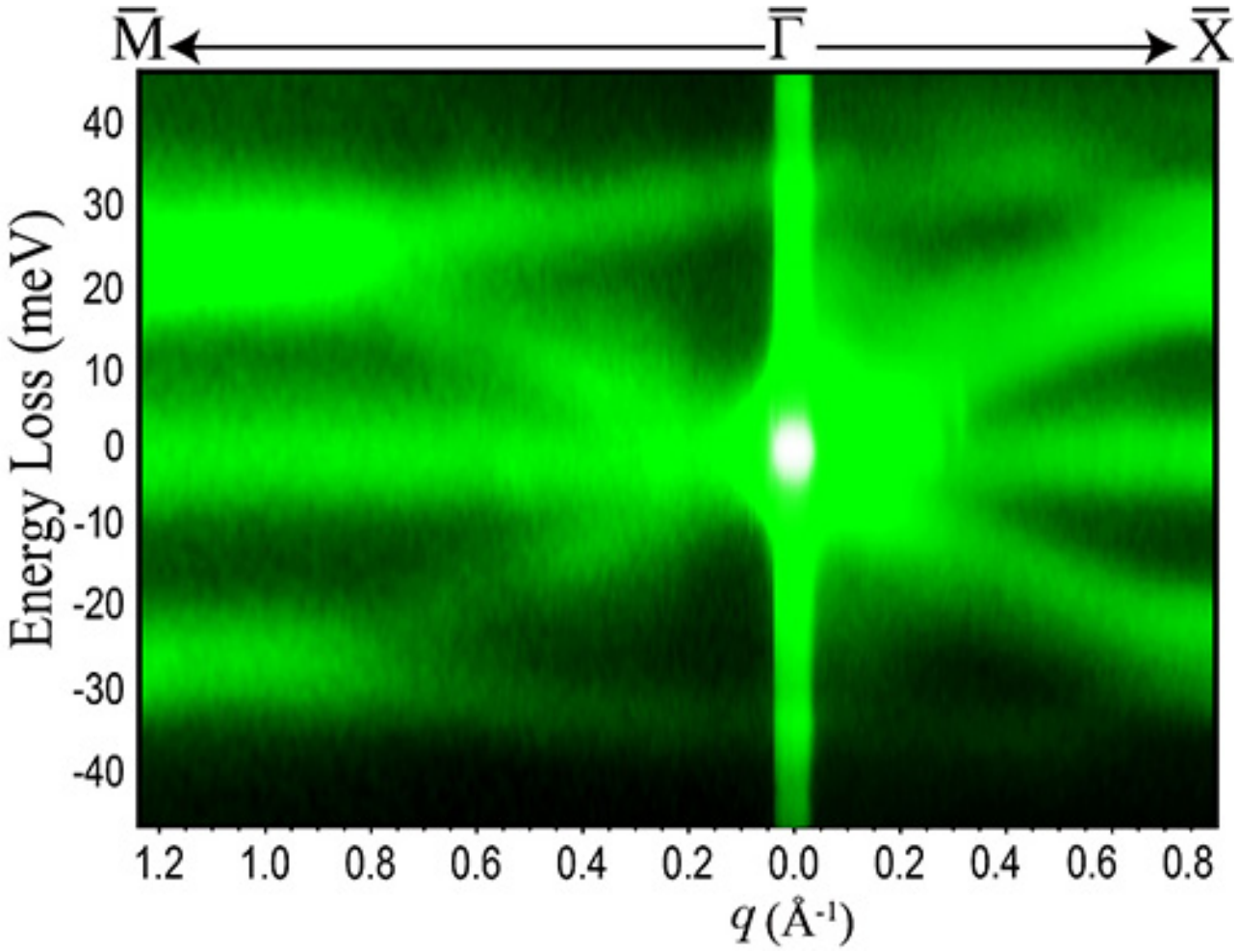


图2：利用2D-HREELS 得到的ZrSiS表面在布里渊区中两个高对称方向的声子色散图像。

研究团队单位：物理研究所

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