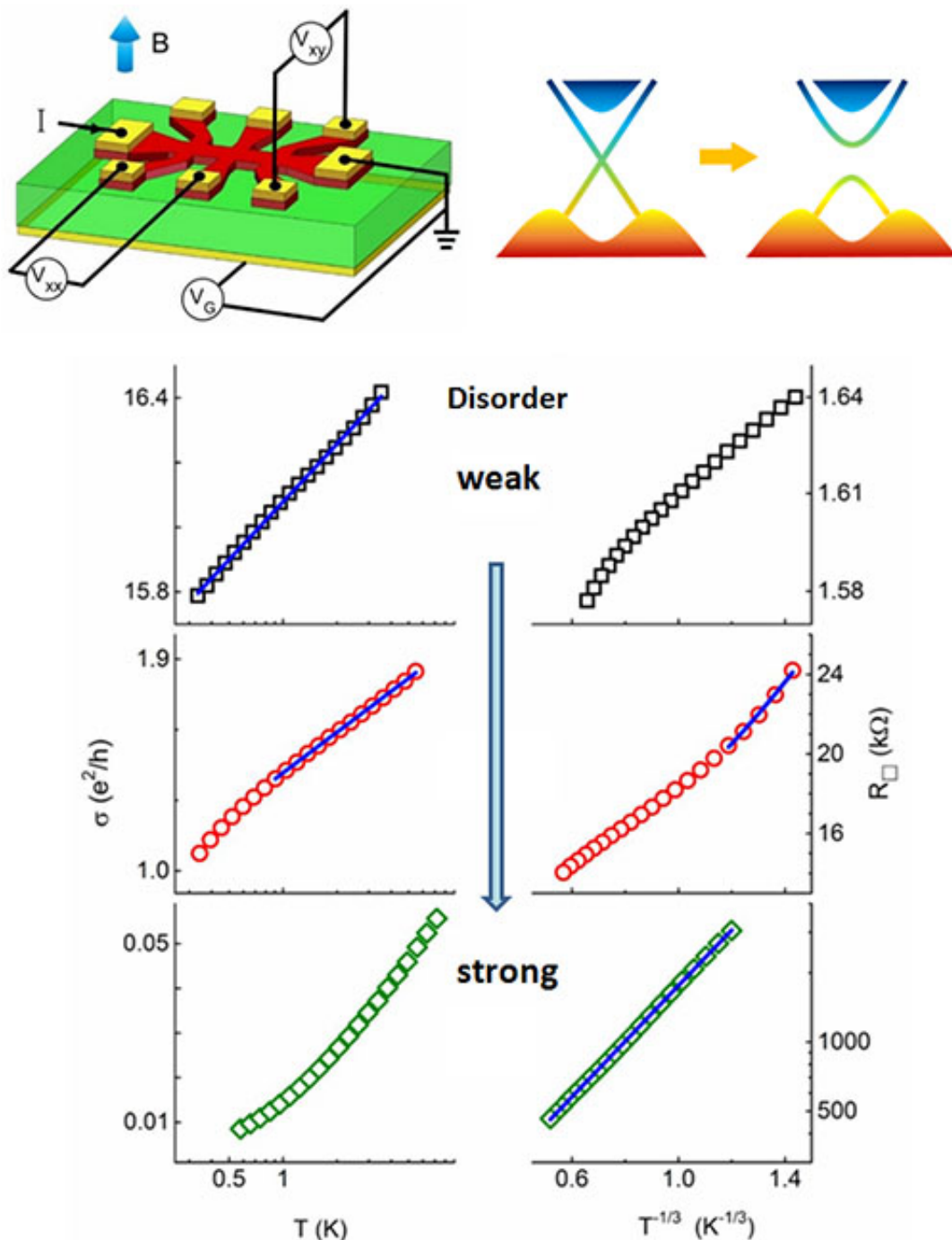


物理所等拓扑绝缘体中的电子局域化研究取得进展



图解：左上图为调控和测量拓扑绝缘体薄膜运输性质的器件示意图，右上图展示在超薄膜中由于上下表面耦合在狄拉克点附近有能隙产生。下图为一组电阻-温度关系：当无序逐渐增强时，温度依赖关系由对数型转变为指数型，这说明电子输运由反弱局域情况下的扩散型转变为强局域条件下的变程跃迁型。引自J. Liao et al., PRL 114, 216601 (2015)。

安德森局域化是指波在无序介质中不能传播的行为。自1958年P. W. Anderson提出这一概念以来，它已深刻地影响了人类对导电现象，或更广泛地说，各种波（如电子波、微波、光波、声波等）在凝聚态体系甚至是冷原子体系中传播行为的理解。1979年Abrahams等人发展的标度理论又进一步深化了人们对电子系统中的局域化和金属-绝缘体转变的认识，弱局域和反弱局域等重要概念相继被提出和实验验证。三十多年来，无序和电子局域化一直是凝聚态物理研

究的一个重要主题。

近年来被发现的三维拓扑绝缘体为研究电子局域化提供了一个有价值的新体系。三维拓扑绝缘体内部绝缘，但表面态是一个独特的二维电子系统，具有线性色散和自旋-动量锁定等特征。

与传统的拓扑平庸的二维电子系统不同，理论预言三维拓扑绝缘体的表面态电子不会被局域化，在电子输运上表现为反弱局域行为。但有趣的是，当三维拓扑绝缘体薄膜的厚度很小（一般是几纳米）时，上下表面由于波函数杂化在狄拉克点附近打开一个能隙，理论预言这会导致从三维拓扑绝缘体到二维拓扑绝缘体或拓扑平庸绝缘体的转变，在电子输运上可能产生量子自旋霍尔效应、反弱局域-弱局域转变和金属-绝缘体转变等丰富的物理现象。但迄今为止，上述预言还缺乏明确的实验支持。

最近，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）纳米物理与器件重点实验室的李永庆研究组、清华大学物理系/低维物理国家重点实验室薛其坤-何珂研究组和中科院物理所表面物理国家重点实验室的吴克辉研究组通过合作，利用他们在拓扑绝缘体薄膜生长、器件制备、栅压调控和输运测量方面的多年实验积累，在超薄拓扑绝缘体薄膜中成功地观察到电子输运从反弱局域情况下的扩散型转变为强局域（即安德森局域化）情况下的变程跃迁型。

他们还发现，随着样品电阻率（无序程度）的提高，反弱局域导致的负磁电导（即正磁阻）逐渐被抑制，并在强局域情形下转变为正磁电导（负磁阻）。这些结果揭示出无序在拓扑绝缘体输运性质中所起的至关重要的作用，并可为进一步研究超薄膜中的拓扑量子相变提供有价值的参考。

承担此项研究工作的博士研究生主要有中科院物理所的廖剑、欧云波和清华大学的冯硝。此项工作得到了国家自然科学基金、科技部国家重大基础研究（“973”）计划和中国科学院先导B类专项等项目的支持。该工作发表于近期的Physical Review Letters 114, 216601 (2015)。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/79246.html>