物理所等在铁基超导体中观察到绝缘体-超导体转变

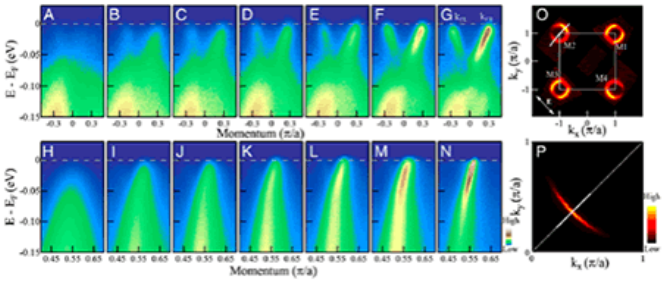

图1. 单层FeSe/$SrTiO_3$薄膜中S相(A-G)以及La-Bi2201(H-N)的能带结构随着载流子浓度的演变。

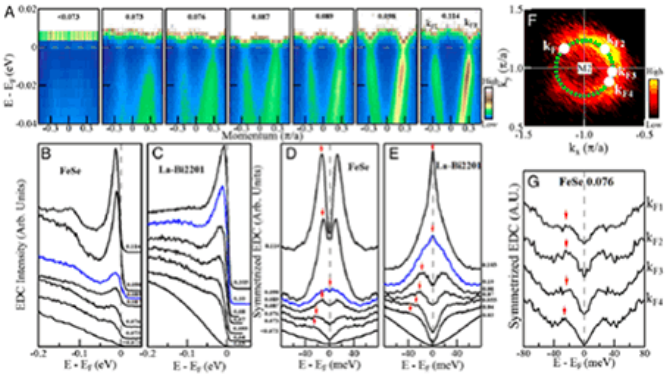

图2. 单层FeSe/$SrTiO_3$薄膜中的S相光电子能谱谱线和能隙随载流子浓度的演变，及其与La-Bi2201的比较。

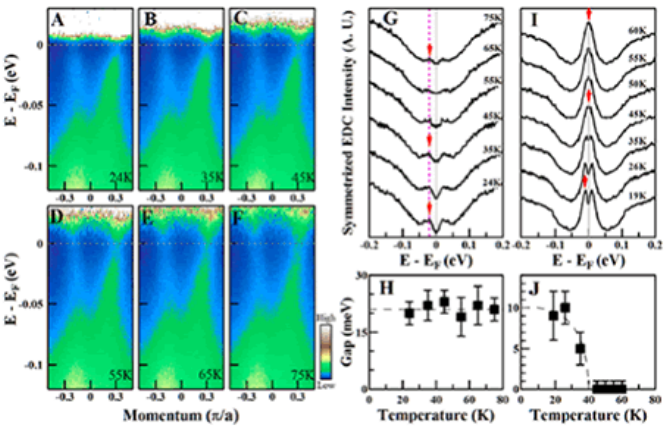

图3. 低载流子浓度的绝缘能隙（G和H）和高载流子浓度的超导能隙（I和J）表现出不同的温度依赖关系。

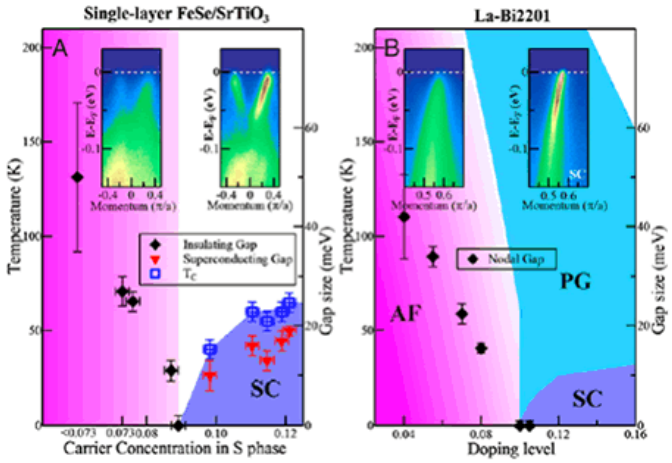

图4. 单层FeSe/$SrTiO_3$薄膜S相(左图)与La-Bi2201(右图)的电子相图的比较。

铜氧化合物高温超导体的母体普遍认为是反铁磁的Mott绝缘体，超导电性的产生是通过掺杂引入载流子，压制反铁磁态导致的绝缘体-超导体转变而实现的。与铜氧化合物高温超导体不同，铁基超导体的母体虽然也大多具有反铁磁结构，但却表现为导电性较差的金属特性。

因此，关于铁基超导体中电子关联的强弱以及Mott绝缘体图像是否仍然适用于铁基超导体，一直存在着争议。中国科学院物理研究所／北京凝聚态物理国家实验室(筹)超导国家重点实验室周兴江研究组的何俊峰、刘旭、赵林、刘德发、何少龙等人，与清华大学薛其坤研究组/物理所马旭村研究组的张文号、李坊森等人合作，利用角分辨光电子能谱，首次在单层FeSe/SrTiO3薄膜中发现了载流子浓度变化诱导的绝缘体-超导体转变，为理解铁基超导体中的电子关联效应及其作用提供了重要信息。

实验发现，取决于载流子浓度的不同，单层FeSe/SrTiO3薄膜中可以存在两个电子结构迥异的相：N相和S相。通过对单层FeSe/SrTiO3薄膜在超高真空下原位退火，可以实现对S相载流子浓度的调控，从而研究其电子结构及超导电性随载流子浓度的演变。首先，在载流子浓度较低时，S相的电子态密度在费米能级附近几乎没有谱重。费米能级附近的谱重随着载流子浓度的增加逐渐增强（图1）。

其次, 对能隙的测量发现，在低载流子浓度时(小于0.089电子/Fe），S相的费米面上有能隙打开。该能隙随着载流子浓度增加而减小，当载流子浓度达到0.089电子/Fe时减小到零。在载流子浓度进一步增加时(大于0.089电子/Fe），S相费米面上又有新的能隙打开，且其大小随载流子浓度增加而增大(图2)。详细的温度变化测量及其它特征表明，低载流子浓度的能隙对应绝缘能隙，而高载流子浓度的能隙对应超导能隙(图3)。

因此，可以构建一个S相随温度和载流子浓度变化的电子相图。在载流子浓度为0.089电子/Fe时，存在绝缘体-超导体的转变（图4）。单层FeSe/SrTiO3薄膜S相中发现的绝缘体-超导体转变，在能带结构(图1)、光电子能谱谱线和能隙（图2）以及电子相图（图4）等多方面，与周兴江研究组在铜氧化合物La-Bi2201中观察到的绝缘体-超导体转变【Nature Communications 4 (2013) 2459】，表现出了许多相似之处。

该工作第一次在铁基超导体中发现了随着载流子浓度增加而导致的绝缘体-超导体转变，并发现该演变与铜氧化物超导体中的绝缘体-超导体转变极其相似，建立了铁基超导体与铜氧化物超导体的紧密联系。单层FeSe/SrTiO3薄膜中观察到绝缘体-超导体转变，与其二维特性及衬底对电子关联的加强相关，表明了电子关联在铁基超导研究中的重要性。相关研究结果发表在近期的《美国科学院院报》（Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America）杂志上【PNAS 111, 18501 (2014)】。

该项研究工作得到国家自然科学基金项目、科技部“973”项目和中国科学院的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/72194.html