
物理所原位研究铜氧化物超导体新方法取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3133.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！

物理所原位研究铜氧化物超导体新方法取得进展。铜氧化物高温超导体自发现的30多年以来，有许多重要研究结果，其中角分辨光电子能谱(以下简称ARPES)起到了至关重要的作用。由于高温超导体相图的丰富性，近年来为了揭开铜氧化物高温超导机理，利用ARPES探测经过解理的不同掺杂浓度的单晶开展了许多系统性的研究工作。然而，由于解理不同单晶得到的表面会引入不同程度的散射，造成不同样品之间的差异性，因此通过解理不同掺杂浓度的单晶来进行的系统性研究工作存在较大的误差，使定量化比较出现困难，严重情况下，定性比较也将存在较大偏差。这也是多年来不同研究组的系统性研究工作得到的结果不一致的主要原因。因此为了进行更加精确的系统性研究，发展在同一个解理表面原位地进行掺杂的技术显得尤为重要。先前的文献报道过在低温下进行原位表面蒸钾或氧气吸收可以实现表面掺杂，但这些方法随着掺杂的进行由于低温吸附作用会在表面引入越来越多影响测量的无序原子，最终使得ARPES测量难以进行。

意识到研究最为广泛的铜氧化物高温超导体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ (以下简称Bi2212)仅通过调节氧原子含量就可以有效地调控掺杂浓度，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心极端条件实验室丁洪研究组博士生钟益桂、关剑宇在研究员丁洪、副研究员孙煜杰的指导下，利用最新搭建的具备低温提纯臭氧功能的OMBE-ARPES联合系统，通过臭氧/真空退火的方法在同一块Bi2212单晶新鲜解理表面上成功实现了近乎整个超导相区的原位掺杂调控，为铜氧化物研究开辟了新道路。通过ARPES测量，给出了Bi2212超导准粒子谱权重以及能隙更加精确的结果。

该工作主要报道了一种结合臭氧退火以及真空退火的表面处理方法。即利用低温提纯的臭氧的强氧化性，在氧化MBE中将新鲜解理的最佳掺杂单晶Bi2212在一定浓度的臭氧氛围中进行高温退火，样品表面若干层内变得极度过掺杂;而样品在真空环境中经过不同温度的退火，可降低其表面掺杂浓度。结合这两种退火方式可以实现在同一Bi2212单晶表面的连续原位表面掺杂，而掺杂浓度的变化可以直接通过测量费米面的变化以及低温下超导能隙的改变来判断(图1、3)。该方法不仅扩大掺杂浓度范围(几乎遍布整个超导相区)，还能排除解理表面带来的不可控影响，进而使得ARPES所测物理量的定量比较更为可靠，特别是对于表面散射相当敏感的准粒子相干峰权重以及超导能隙。

通过仔细的ARPES测量，他们发现准粒子相干峰谱权重随掺杂浓度的依赖关系在节点与反节点处具有很大不同，节点处的准粒子谱权重变化缓慢，仅在极度欠掺杂的情况下有明显减小;而在反节点处准粒子谱权重随掺杂浓度呈现线性关系(图2)。另外，通过测量能隙他们发现在反节点附近的能隙随掺杂浓度呈线性关系，行为与能隙关闭温度 T^* 接近;而在节点附近的d波能隙斜率随掺杂浓度呈现拱形关系，但行为不与超导转变温度接近，反而与普遍认为代表着超导配对形成的能斯特onset温度吻合得很好(图4)。这些现象说明了在能隙相区里存在着强烈的超导涨落。

之所以可以得到与块体输运测量得到的能斯特效应互相一致的ARPES结果，主要是因为臭氧/真空退火表面处理的方法，使得测量结果准确而具有定量化比较的可能性。这种原位掺杂处理的技术不仅提高了实验结果的可靠性，更极大地提高了铜氧化物相图研究的效率，为系统性研究高温超导铜氧化物的电子相图提供了新的平台，对高温超导的进一步研究具有重大意义。相关研究成果发表在最近的Physical Review B 以及Science China 杂志上：Physical Review B 98, 140507(R) (2018); Sci. China-Phys. Mech. Astron. 61, 127403 (2018)。

上述研究工作获得科技部(Nos. 2016YFA0401000, 2016YFA0300600, 2015CB921300, 2015CB921000)、国家自然科学基金委(Nos. 11227903, 11574371, 11622435, 11474340)、中科院(Nos. XDB07000000, XDPB08- 1, QYZDB-SSW-SLH043)和松山湖材料实验室等的支持。

图1: Bi2212臭氧/真空退火表面掺杂调控及相应费米面的变化

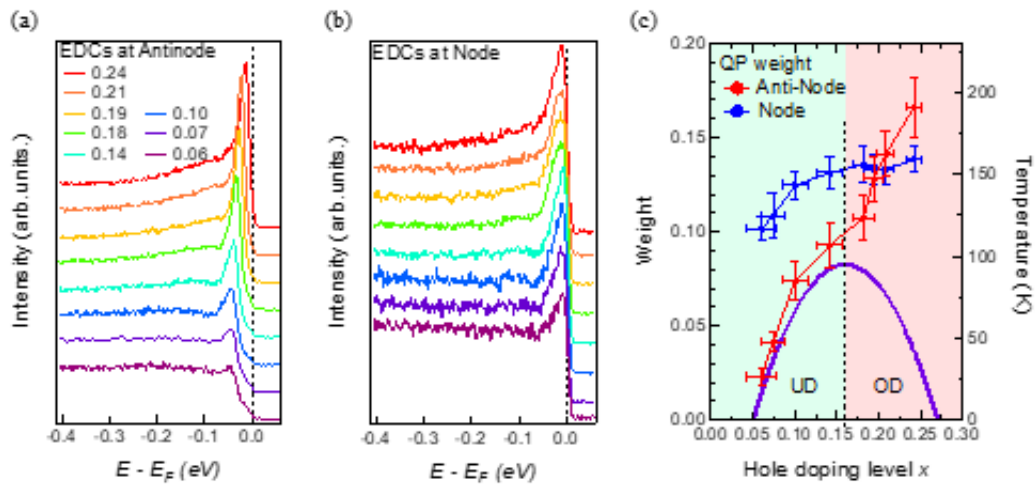


图2 : 随着表面掺杂节点以及反节点处准粒子谱权重的变化

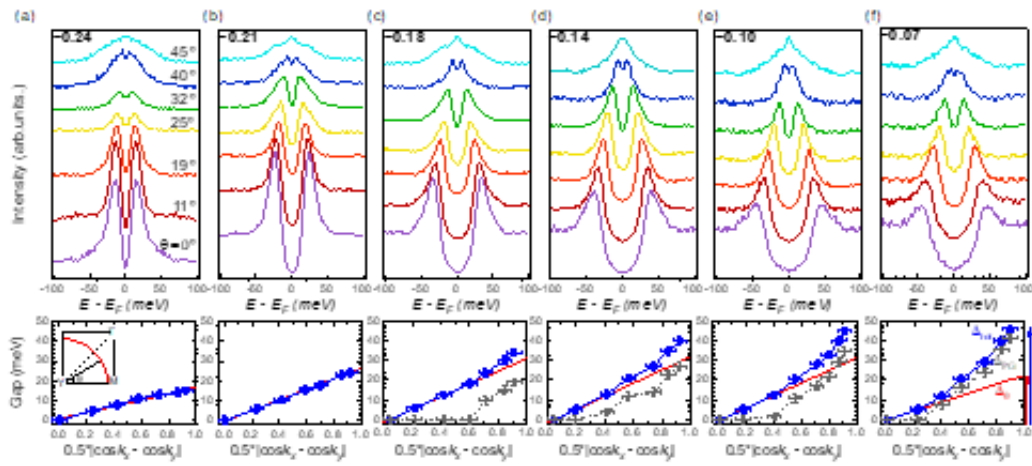


图3 : 随着表面掺杂超导能隙的变化

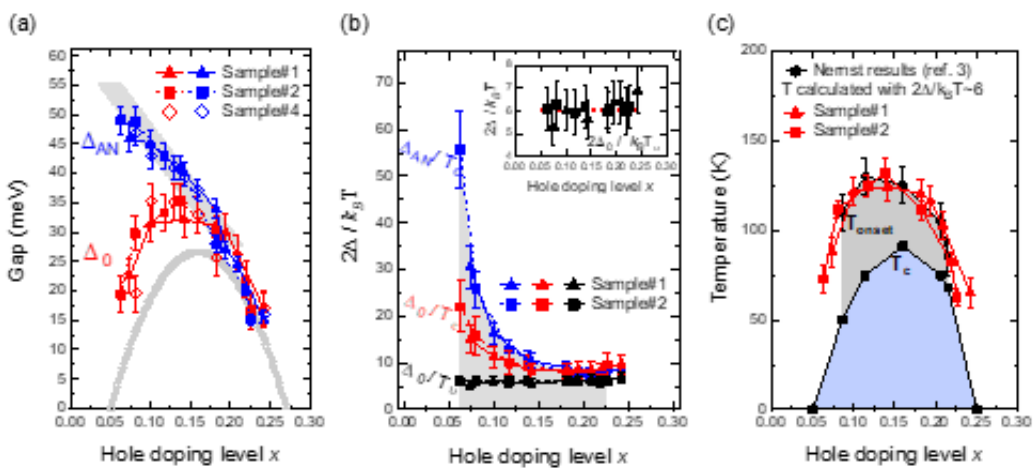


图4: 反节点处超导能隙以及d波超导能隙斜率随掺杂浓度的变化

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](http://www.iikx.com)转发