物理所层状氮化物中电场诱导的稳态超导电性研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/2041.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！

近年来，利用离子液体作为电介质进行电场调控物性的研究引起了凝聚态物理领域的极大关注，其中电荷双层三极管成为一种典型的电场调控工具。通过改变栅极电压的方向和大小，相应类型的载流子能够在纳米级厚度的样品表面聚集，进而改变样品表面附近的物理属性。因此，具有干净且平整表面的层状化合物往往是此类研究的对象。但是，此类电场诱发物性的最重要特点是，一旦在电介质的液体状态下释放栅极电压，这类电荷双层诱导的局域物性将会迅速消失，从而限制了对诱发物性进行更深入和更全面的机制研究。

最近，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心超导国家重点实验室SC10组副研究员张帅和博士生高默然、王欣敏，硕士联培生傅焕俨在课题组长陈根富的指导下，在层状氮化物MNCl (M: Hf, Zr)的电场调控研究中取得新进展，实现了电场诱导的永久超导电性，并对其机制进行了全面和深入的研究。电场诱发的部分Cl离子空位会对体系产生电子掺杂，并最终形成不可逆的稳态超导转变。这为在具有类似结构的低维化合物中探索和研究超导电性提供了新的实验思路和视野。

张帅与学生们共同设计了一种易于操作的电场调控方法，并用该方法对母体为绝缘体的层状氮化物MNCl (M: Hf, Zr)进行了详细的电场调控实验。研究发现，在较低温度(220 K)进行电场调控时，随温度变化的电阻R(T)中观察到电场诱导的绝缘体-超导转变，Tc在24和15 K附近。在施加反向栅极电压或者长时间的无电压弛豫之后，R(T)能再次恢复到与母体相似的绝缘体状态，这和传统的电荷双层超导态一致。与此相对，在较高温度(250 K)进行电场调控时，诱发的超导状态不再被反向栅极电压或者长时间的无电压弛豫所破坏，而永久停留在样品内部。用来测试R(T)的单晶样品在随后的磁性M(T)测量中也在相应温度确认了超导状态引起的抗磁性信号，直接证明了此超导电性的永久属性。同样的电场调控方法被成功推广到大尺寸的单晶和多晶样品中。

常规的电场调控中，电场诱发的离子插层效果在施加相反方向的栅极电压时会出现相反结果。因此，R(T)中不可逆的绝缘体-超导转变已经排除了电场诱发离子插层的可能性。相同的栅极电压在不同温度下产生了可逆和不可逆两种截然不同的实验结果，暗示了温度在利用离子液体进行电场调控时的重要作用。离子液体的电化学窗口是随着温度的升高而减小的。在较高温度(250 K)施加接近离子液体电化学窗口的栅极电压会诱导样品表面产生不可逆的化学反应。结合实验中观察到的永久超导电性，研究人员认为不可逆的绝缘体-超导转变源自于电场调控诱发部分Cl离子空位的形成，从而导致对体系的永久性的电子注入。类似的绝缘体-金属转变现象在VO2的研究中曾经有所报道。

稳定持久的超导状态为更详尽的物性实验提供了研究对象。该工作中发现的电场效应和电化学机制，克服了传统电荷双层三极管的一些限制，拓展了通过离子液体进行电场调控物性的功能，在相似低维材料中探索新型超导体方面显示了巨大潜力。

上述研究结果作为Express Letter发表于Chin. Phys. Lett.35 097401(2018)。该研究工作得到国家自然科学基金(11704403)、国家重点研发计划(2016YFA0401000,
2016YFA0300604)、中科院B类先导(XDB07020100)等的支持。

论文链接

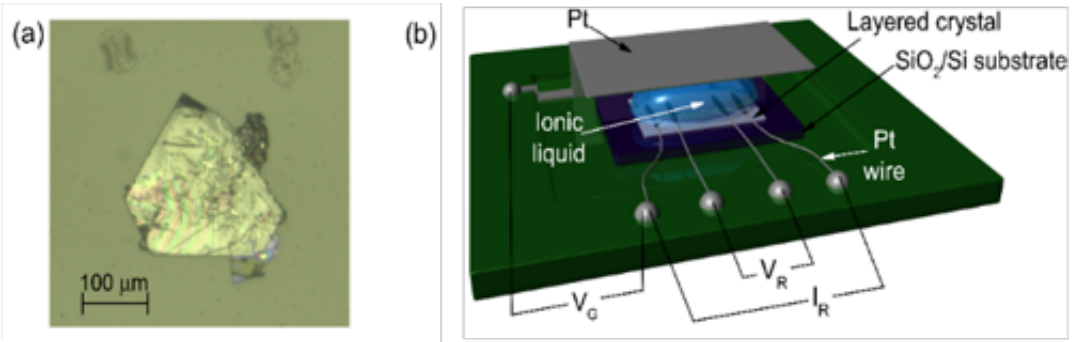


图1. 实验中使用的大块体单晶样品和自主设计的电场调控装置。

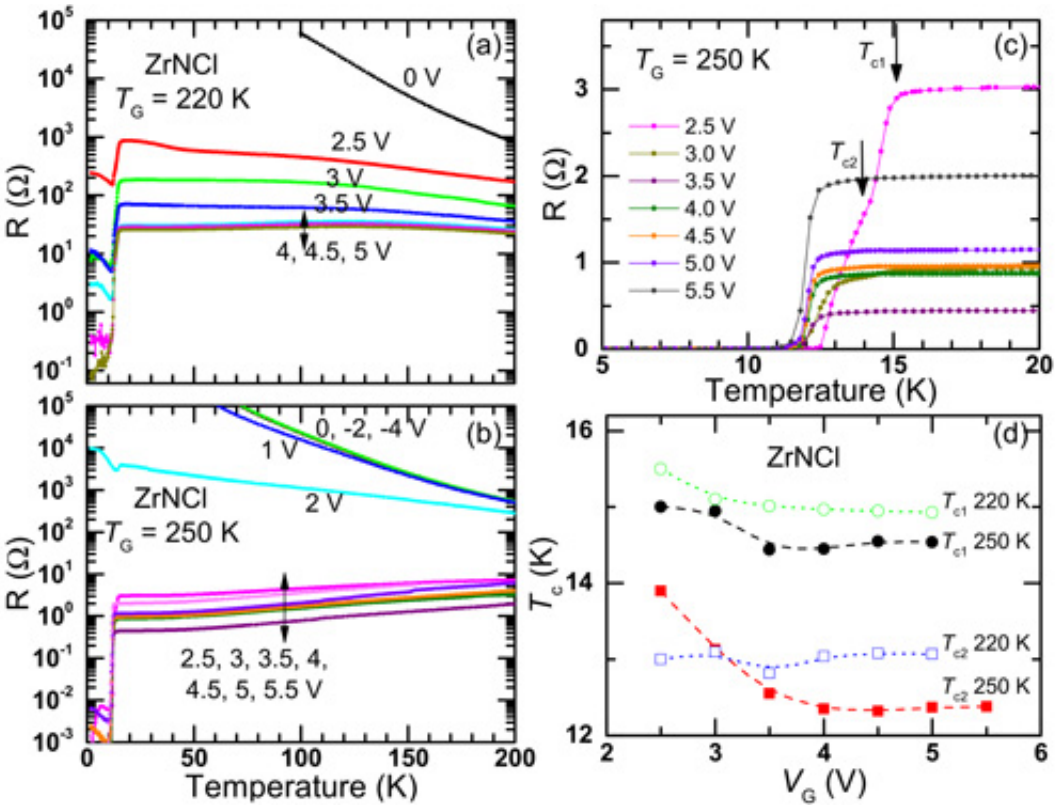


图2. 在220K和250 K进行电场调控的对比实验。

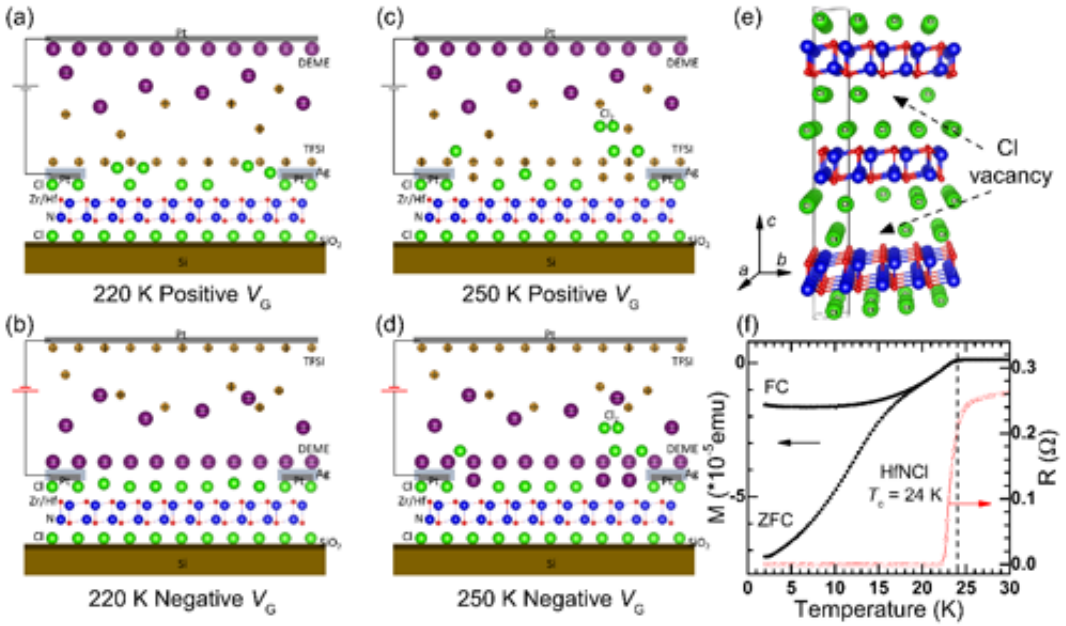


图3. 在220K和250 K进行正反电场调控及Cl离子空位形成的概念模型。

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