

物理所等在三维单晶中实现电子体系的Anderson局域化

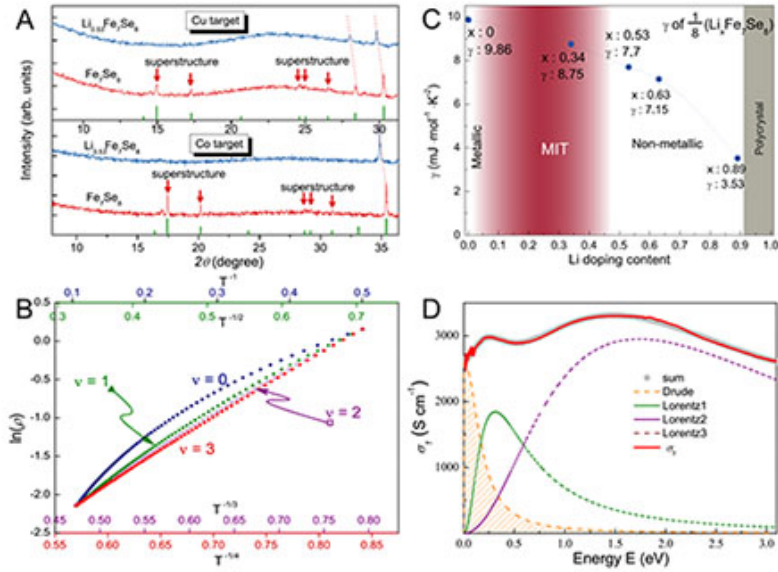


图1. (a) Li的引入对 Fe_7Se_8 超结构峰的抑制。(b) 电阻率随温度变化曲线，其低温电输运行为符合3D变程跃迁 (variable range hopping) 机制。(c) 索末菲系数 γ 随不同Li掺杂量的变化。(d) $Li_{0.89}Fe_7Se_8$ 的光电导谱实部。

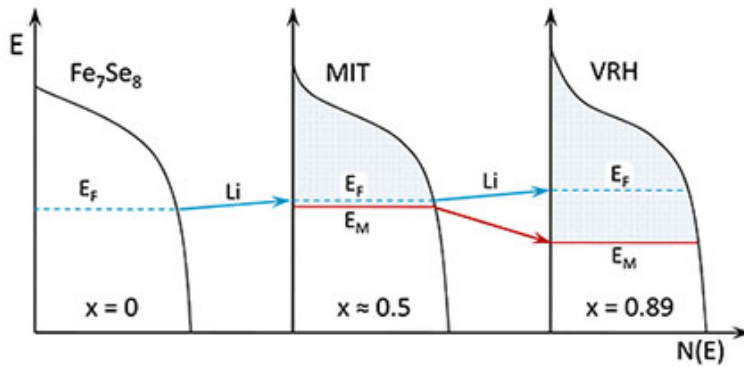


图2. 态密度随无序程度的变化关系示意图。左图为未掺杂金属相，中间为MIT发生的临界点，右图为Anderson绝缘体。

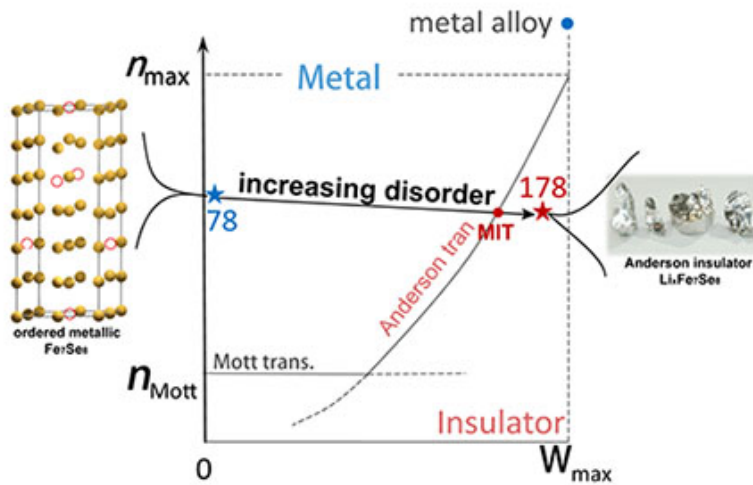


图3. 载流子浓度与无序程度的相图，横纵坐标分别为无序程度和载流子浓度。

半个多世纪前，P. W. Anderson提出无序能引起电子和自旋的局域化。Anderson局域化对物理学领域的若干概念和现象有着广泛而深刻的影响，如量子霍尔效应、量子临界点、随机矩阵理论、无序金属中电子相互作用等。尽管最初针对电子提出，Anderson局域化本质上是一种波的局域现象，并首先在光子、声子、冷原子、机械波、物质波以及低维电子等系统中实现。对于三维电子体系，早期大量工作集中在重掺杂半导体中的金属-绝缘体（MIT）转变，但其MIT转变主要与杂质的分立能级向能带转变相关，即出现简并半导体，并不是研究Anderson局域化的理想体系。近来，德国M. Wuttig小组首次在GeSb₂Te₄多晶中发现仅由无序导致的MIT转变，其电子的局域化源于Ge/Sb子晶格中空位的无序分布。但由于其晶粒尺寸较小（10~20 nm），不便于深入研究晶格无序对于电子局域化的影响。为研究无序对电子体系的影响，在三维单晶中实现电子体系的Anderson局域化，是一个重要的研究课题。

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）先进材料与结构分析实验室A02组博士生应天平、T03组博士生顾跃强（导师戴希研究员），研究员陈小龙、副研究员金士锋，西安交通大学研究员张伟等，通过对金属母相Fe₇Se₈进行电子掺杂，并同时诱导系统中铁的无序占位，成功获得了厘米级单晶形态的Li_xFe₇Se₈，并观察到了电子的Anderson局域化现象。首先，Li掺入后粉晶衍射数据上母体的超结构峰消失，结构恢复到简单NiAs结构，表明Li掺杂进入Fe位并破坏了Fe原子的有序排列（图1a），该现象进一步被x射线单晶衍射、TEM及磁性测量证实。其次，随着无序度的增加，Li_xFe₇Se₈体系发生MIT转变，并在低温电输运上表现出三维变程跃迁，表明费米面上存在局域态电子（图1b）。需要指出电阻率曲线直至2K均未见由T^{-1/4}到T^{-1/2}的变化，即未观察到Efros-Shklovskii能隙打开。再次，Anderson绝缘体与其它绝缘体最显著的区别在于费米面处存在大量局域化的电子，比热和红外光谱数据证实Li_xFe₇Se₈绝缘样品存在很大的态密度（图1c、d）。最后，定量分析载流子浓度、迁移率及初步的态密度计算均支持Li_xFe₇Se₈为Anderson绝缘体，并且在MIT转变点附近，其载流子浓度和局域化长度的关系明显偏离Mott判据。

以上现象可以通过DOS随不同无序程度的演化示意图解释（图2）。Fe₇Se₈中掺入Li具有两个作用：电子掺杂及引入Fe/Li/空位占位无序。电子掺杂将略微抬高费米面；无序则在带尾产生局域态，并形成迁移率边。当迁移率边越过费米面时，随即发生MIT转变。图3给出了更为普适的载流子浓度与无序程度相图，有助于人们发现更多的Anderson绝缘体。该图说明，适中的载流子浓度以及较高的无序程度容易诱导出Anderson绝缘体。这是首次在大块单晶中实现电子体系Anderson局域化的报道，该成果为研究无序及MIT转变研究提供了一个新的研究平台，对该体系的研究将加深人们对无序材料中电子行为的认识。

相关研究结果发表在近期的Science Advances上【Anderson localization of electrons in single crystals: Li_xFe₇Se₈. Sci. Adv. 2, e1501283 (2016)】。

上述研究工作获得了国家自然科学基金委（51532010，51472266，91422303，51202286）、科技部和中科院先导B项目（XDB07020100）以及ICDD的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/92218.html>