

您现在的位置: [首页](#) > [科学研究](#) > [研究进展](#)

Ce膜中发现4f电子带宽调制下的莫特物理

编辑: 时间: 2021年05月10日 访问次数:427

稀土金属及其化合物中4f电子的局域与巡游性质导致了許多奇异的量子态, 包括重电子态、混价行为、量子临界、非常规超导等。理解4f电子局域-巡游转变是理解这些物理现象的基础。由于4f电子的波函数通常非常局域, 一般认为4f电子的巡游来自多体的近藤效应, 即4f电子与导带电子的杂化。而对于4f电子是否存在类似d电子的带宽调制下的巡游机制(即莫特物理), 还缺乏直接的谱学证据。有理论指出, 单质金属铈(Ce)中非常著名的 γ - α 相变主要来自莫特物理的贡献, 即4f电子产生类似d电子的莫特转变。另外一种观点认为, γ - α 相变主要来自近藤杂化强度的变化(即近藤体积塌缩)。区别和分离两种不同的巡游机制需要高质量的样品生长和电子谱学测量。

浙江大学物理学系关联物质中心的刘洋课题组, 联合中科院物理所杨义峰研究员、浙江大学袁辉球教授、杭州师范大学曹超教授等, 在Ce膜的电子结构研究中取得突破。他们利用分子束外延方法(MBE)精确调控薄膜的生长条件, 生长出不同结构的Ce膜样品, 并利用原位角分辨光电子能谱(ARPES)精确测量了薄膜的电子结构(见图1)。其中P0相可以用经典的单杂Anderson模型来解释。P1相是Ce的 γ 相, 可以很好地由周期性Anderson模型解释(与以往结果一致): 在P1相中近藤物理占主导地位, 4f电子与导带电子杂化形成重电子态, 同时其下Hubbard能带(在约-2 eV)色散很小。对薄膜进一步进行热处理, 出现了新的P2相, 该相的晶格常数比P1相小3%。在P2相中, 其下Hubbard能带开始出现明显的色散, 且费米面附近准粒子带呈现出明显的“W”型色散, 这体现出4f电子具有更强的色散和巡游性质。这种能带特征无法用经典的近藤物理简单描述。实验得到的准粒子色散与假设非常巡游的4f电子的计算结果基本符合, 这说明在这个体系中4f电子存在由晶格压缩引起的带宽调制下的巡游转变。这种巡游行为可以由莫特物理描述, 并且具有很强的轨道选择性。有趣的是, 在P2相中体系的近藤物理依然存在, 而且可能与莫特物理相互影响。这个结果对从根本上理解单质金属Ce中4f电子的局域-巡游转变提供了基础。相关成果于2021年5月在线发表于《自然通讯》: Nature Communications 12, 2520 (2021)。

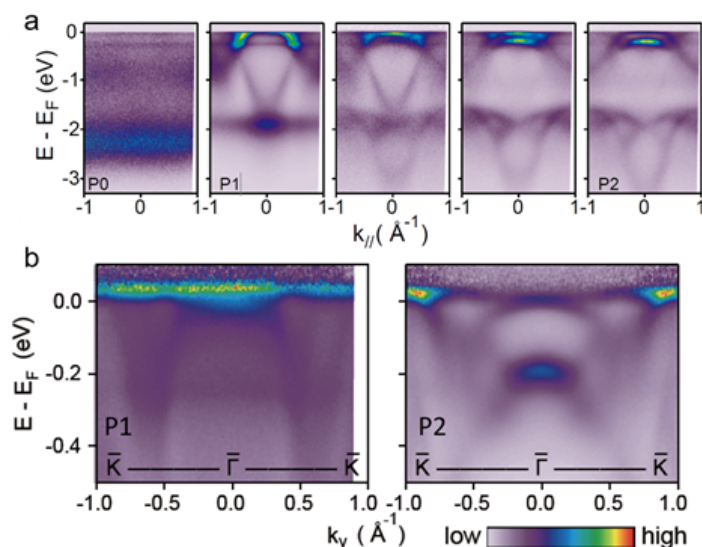


图1: (a) 通过不断地退火得到的不同结构Ce膜的电子结构。(b) P1相和P2相在费米面附近的准粒子色散, 注意到两者4f带区的区别。

浙江大学物理学系关联物质中心博士生吴毅为论文第一作者, 浙江大学物理学系关联物质中心刘洋研究员和中科院物理所杨义峰研究员为论文通讯作者。

这项工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、浙江省重点研发计划的支持。

文章链接:

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-22710-2>

