

材料基因技术揭示高温超导普适物理规律

(推荐奖项：基础研究奖)

(推荐单位：中国科学院物理研究所)

1、 推荐理由

高温超导机理是凝聚态物理最具挑战的核心科学难题之一，其关键在于揭示超导转变温度与微观参量之间的普适定量规律。高温超导体的复杂性使得传统手段难以精准调控化学掺杂，制约高精度相图构建，进而阻碍关键物理规律获取。项目开创性地发展了被公认为“绝技”(tour-de-force)的材料基因实验技术，将化学掺杂分辨率从常规的百分之一提升至万分之一，实现了载流子浓度的精确调控。在此基础上，首次发现高温超导转变温度与奇异金属散射率的平方根成正比的定量规律，揭示超导电子配对与奇异金属型电子散射之间的关联是高温超导的普适特性，为理解高温超导机理提供了关键实验依据。代表性论文发表在 Nature、Nature Physics、Science Bulletin 等国内外顶尖期刊，获得国际学术界高度认可。

2、 代表性论文专著列表

序号	论文(专著)名称	刊名	年卷页码 (xx年xx卷 xx页)	全部作者
----	----------	----	-------------------------	------

1	Scaling of the strange-metal scattering in unconventional superconductors	Nature	2022 年 602 卷 431-436 页	袁洁, 陈其宏, 蒋坤, 冯中沛, 林泽丰, 于和善, 何格, 张劲松, 江星宇, 张旭, 石玉君, 张衍敏, 秦明阳, 程智刚, Nobumichi Tamura, 杨义峰, 向涛, 胡江平, Ichiro Takeuchi, 金魁, 赵忠贤
2	Interplay between superconductivity and the strange-metal state in FeSe	Nature Physics	2023 年 19 卷 365-371 页	江星宇, 秦明阳, 魏鑫健, 许立, 柯杰尊, 朱海鹏, 张若舟, 赵展艺, 梁其美, 魏忠旭, 林泽丰, 冯中沛, 陈赋聪, 熊沛雨, 袁洁, 朱北沂, 李洋沐, 郝传英, 王钊胜, 杨明, 王俊峰, 向涛, 胡江平, 蒋坤, 陈其宏, 金魁, 赵忠贤
3	Correlation between unconventional superconductivity and strange metallicity revealed by operando superfluid density	Science Advances	2025 年 11 卷 eadu0795 页	张若舟, 秦明阳, 黎晨远, 赵展艺, 魏忠旭, 徐娟, 江星宇, 程文欣, 史秋艳, 王雪玮, 袁洁, 李洋沐, 陈其宏, 向涛, Subir Sachdev, 李自翔, 金魁, 赵忠贤

	measurements			
4	A selective control of volatile and non-volatile superconductivity in an insulating copper oxide via ionic liquid gating	Science Bulletin	2020 年 65 卷 1607-1613 页	魏鑫健, 李好博, 张庆华, 李栋, 秦明阳, 许立, 胡卫, 郇庆, 俞理, 苗君, 袁洁, 朱北沂, Anna Kusmartseva, F. V. Kusmartsev, Alejandro V. Silhanek, 向涛, 于伟强, 林媛, 谷林, 于浦, 陈其宏, 金魁
5	Combinatorial laser molecular beam epitaxy system integrated with specialized low-temperature scanning tunneling microscopy	Review of Scientific Instruments	2020 年 91 卷 013904 页	何格, 魏忠旭, 冯中沛, 于晓东, 朱北沂, 刘利, 金魁, 袁洁, 郇庆

3、其他知识产权和标准等列表

无

4、成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献
1	金魁	中国科学院 物理研究所	构思并主持完成本项目
2	胡江平	中国科学院 物理研究所	从理论指导分析讨论实验数据、 总结提取物理规律
3	袁洁	中国科学院 物理研究所	发展连续组分薄膜制备及跨尺度 表征技术
4	陈其宏	中国科学院 物理研究所	拓展离子液体调控技术在高温超 导中的应用
5	郇庆	中国科学院 物理研究所	研制新一代高通量连续组分薄膜 制备与原位局域电子态表征系统