

SCPMA | 镧基二元富氢材料超高压合成和高压超导

原创 中国科学物理辑 中国科学杂志社 2023-04-01 09:21 发表于北京

收录于合集

《中国科学：物理学 力学 天文学》

80个 >

富氢超导材料的发现激发了人们研制超导新材料的热情，相继有硫氢、稀土氢、和碱土氢等温度在200K以上的二元高温超导材料的实验合成报导。**中国科学院物理研究所新常青团队**长期致力于高压极端条件新材料制备及功能调控研究，设计研发了具有自主知识产权的高压、低温、强场和激光加热联合实验装置，成功应用于极端条件量子功能新材料的研制和调控研究。基于以上先进的极端条件技术，近期，该团队相继超高压合成了钙基富氢超导材料 ($T_c > 210$ K; *Nat. Commun.* **13**, 2863 (2022))、锆基富氢超导材料 (T_c 71 K; *Sci. Bull.* **67**, 907(2022)) 和铈基富氢超导材料 (T_c 83 K; *Mater. Today Phys.* **27**, 100826 (2022))。

稀土富氢化合物是潜在的富氢高温超导材料，根据BCS理论未配对的局域f电子可能对超导产生抑制作用，但镧元素f轨道全满对外总磁矩为零，可将f电子对超导的影响降低。

近期，**该团队在稀土镧基二元富氢超导新材料的高压研制上取得新进展，在接近200GPa (1GPa ~ 1万压力) 观察到约70K的超导**。该工作运用高压高温技术，首先在180 ~ 220 GPa, 2000 K极端条件，成功制备了镧基富氢新化合物。进而，在与合成压力接近的超高压条件下，实验观察到临界温度(T_c)~71 K的超导转变。超导转变温度 T_c 随压力降低而逐渐减小 (图1a, b)。根据超导转变随外加磁场的变化，估算镧基富氢超导材料的上临界场为~36 Tesla，对应Ginzburg Landau超导相干长度为~30 Å (图2a, b)。高压同步辐射结构表征分析显示，超导性质可能来源于立方相的 Lu_4H_{23} (空间群为Pm-3n) (图3a)。 Lu_4H_{23} 结构氢和镧的摩尔比约为5.7，最短H~H距离为1.23 Å (图3b)，这与镧基、钙基等具有金属氢性质的富氢高温超导体中的H~H距离接近。

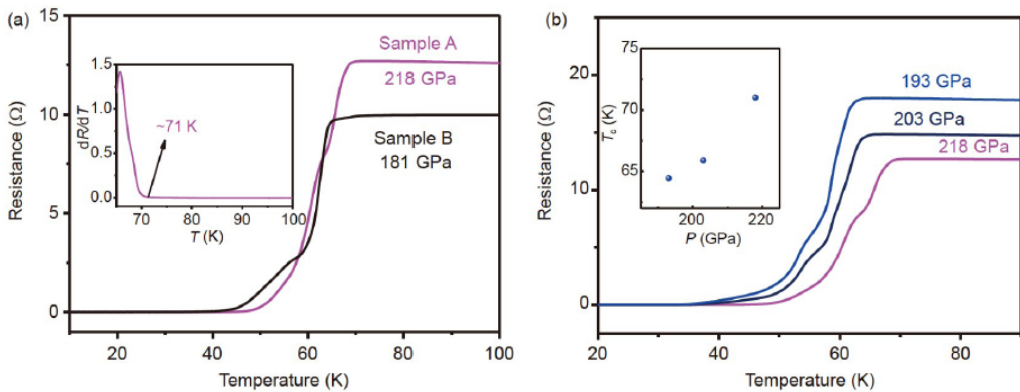


图1：(a) 镧基富氢材料在高压呈现 $T_c \sim 71$ K高温超导性质；(b) 超导 T_c 随压力的关系。

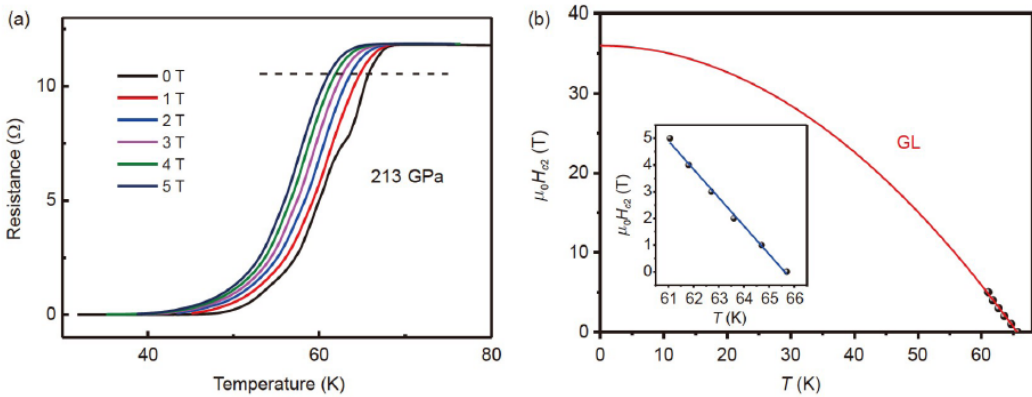


图2: (a)在213 GPa高压条件，镧基富氢超导材料的超导转变随外加磁场的演化；(b)估算上临界场。

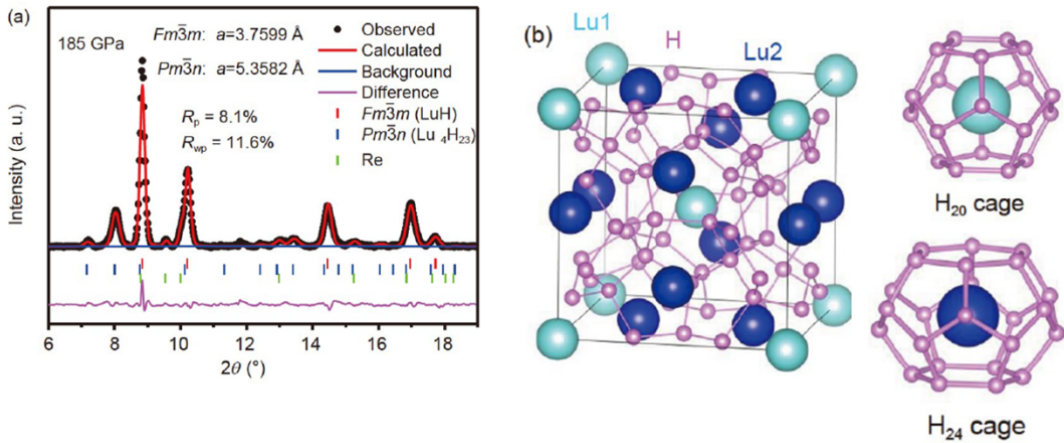


图3：(a)镧基富氢超导材料的高压同步辐射X光衍射实验；(b) 超导相 Lu_4H_{23} 材料晶体结构及氢笼。

该工作同时质疑了近期美国科学家宣称在 $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ 材料观察到近常压室温超导性质的报道。和近期美国科学家宣称在氮掺杂的镧氢材料 $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ 观察到近常压室温超导体相比， Lu_4H_{23} 有几个显著的不同：

(I) 不同于 $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ ， Lu_4H_{23} 的氢含量很高，接近 CaH_6 ，可以形成氢的笼型结构；(II) Lu_4H_{23} 的 $\text{H} \sim \text{H}$ 距离为 1.23 \AA ，氢可以在导电机制上发挥重要作用，即氢对观察到的超导应该有很大贡献；而美国科学家宣称的 $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ 模型最短 $\text{H} \sim \text{H}$ 距离为 $\sim 2.17 \text{ \AA}$ ，几乎是上述富氢超导体 $\text{H} \sim \text{H}$ 距离的两倍，接近氢分子固体中氢分子间距离（ 2.65 \AA ）；这个 $\text{H} \sim \text{H}$ 距离很难实现电子在不同格点进行跃迁并导电，因此非常难于理解氮掺杂的 $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ 具有近常压室温超导性质的奇异现象。(III) $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ 宣称只在1GPa左右很窄的压力区间具有室温超导特性，而 Lu_4H_{23} 目前只能在100G以上的超高压合成，且只在接近的超高压才呈现70 K的超导。

以上研究工作近期发表在SCIENCE CHINA Physics, Mechanics & Astronomy (《中国科学：物理学 力学 天文学》英文版) 2023年第6期的Editor's Focus栏目，题为“**Superconductivity above 70 K observed in lutetium polyhydrides**”。博士生李正文、何鑫和张昌玲为共同第一作者，望贤成、王鲁红和新常青为通讯作者，研究得到基金委、科技部和中科院项目的资助。

了解研究详情，请登录期刊官网阅读全文。[点击下方链接或阅读原文] ▼

[Z. Li, X. He, C. Zhang, K. Lu, B. Min, J. Zhang, S. Zhang, J. Zhao, L. Shi, Y. Peng, S. Feng, Z. Deng, J. Song, Q. Liu, X. Wang, R. Yu, L. Wang, Y. Li, J. D. Bass, V. Prakapenka, S. Chariton, H. Liu, and C. Jin, Superconductivity above 70 K observed in lutetium polyhydrides, Sci. China-Phys. Mech. Astron. 66, 267411 \(2023\), <https://doi.org/10.1007/s11433-023-2101->](#)

如需购买该期刊，请点击此处进入“纸质刊购买” 



《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

—5中国科学同行



《中国科学》杂志社
Science China Press

微信公众号: scichina1950

长按扫描二维码关注

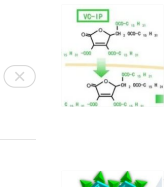
收录于合集 # 《中国科学：物理学 力学 天文学》 80

◀ 上一篇 · 利用地月空间高精度微波测量验证引力红移验证

[阅读原文](#)

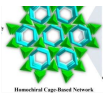
喜欢此内容的人还喜欢

"早C晚A"的化学世界——早C
化学科讯



手性钛有机笼的功能组装研究获进展

中科院之声



我校在顶级期刊上发表科研成果

河南科技学院

