

SCPMA | 镫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靳常青团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))、镥基富氢超导材料(T_c 71 K; *Sci. Bull.* 67, 907(2022))和铪基富氢超导材料(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，但镥元素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，该团队在稀土镥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，成功制备了镥基富氢新化合物。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，估算镥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Lu₄H₂₃（空间群为Pm-3n）（图3a）。Lu₄H₂₃结构氢和镥的摩尔比约为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。

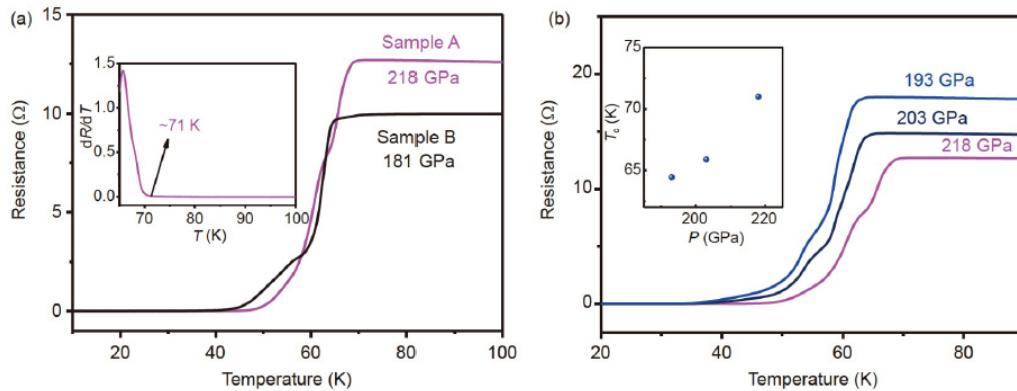


图1：(a)镥基富氢材料在高压呈现 $T_c \sim 71$ K高温超导性质；(b)超导 T_c 随压力的关系。

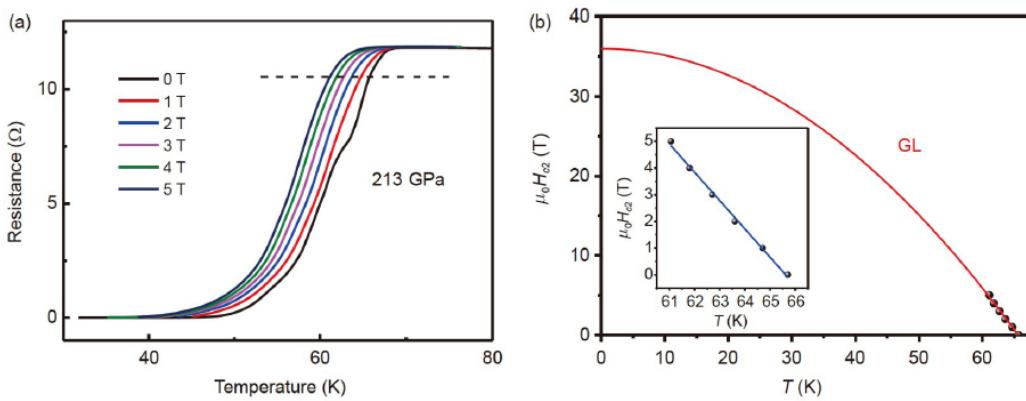


图2: (a)在213 GPa高压条件，镥基富氢超导材料的超导转变随外加磁场的演化；(b)估算上临界场。

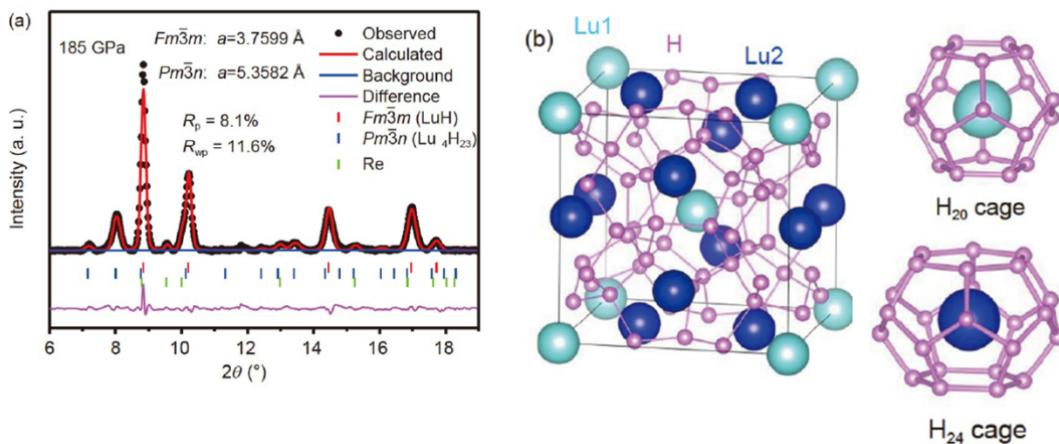


图3：(a)镥基富氢超导材料的高压同步辐射X光衍射实验；(b) 超导相 Lu_4H_{23} 材料晶体结构及氢笼。

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镥氢材料 $\text{LuH}_{3-x}\text{N}_y$ 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H~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H~H距离为 $\sim 2.17 \text{ \AA}$ ，几乎是上述富氢超导体H~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H~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 100GPa 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、王鲁红和靳常青为通讯作者，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/s11433-023-2101-9>

9



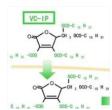
收录于合集 #《中国科学：物理学 力学 天文学》 80

◀ 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

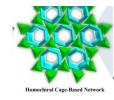
喜欢此内容的人还喜欢

"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

