

铋基富氢新超导体：高压极端条件创制和116 K超导 | NSR

原创 《国家科学评论》 中国科学杂志社 2024年08月03日 08:02 北京



氢作为元素周期表的第1号元素是构成宇宙实体的主要成分，上个世纪初对氢的研究促进早期量子科学的形成发展，今天氢的传说和故事还在继续。Wigner等在上世纪30年代曾理论预言，在足够高的压力，氢将由常压气态转化为像碱金属一样的固体金属。由于氢的德拜温度很高，基于电声耦合的经典BCS理论预测，金属氢可能具有高温超导性质。然而理论估算氢的金属化约需500 GPa的极端高压（1 GPa~1万大气压），超过目前高压实验技术水平，纯氢金属化任重道远。1970年代，中国科学院物理研究所徐济安等人提出，通过富氢化合物引入化学内压降低氢金属化压力的构想(物理 6, 296(1977))。2004年，Ashcroft教授进一步明确富氢化合物可降低氢金属化所需压强，同时仍保留以氢为主的高温超导属性。这些理论设想和预测得到吉林大学团队的进一步发展，近年，国际上相继在富氢化物实验观察到高温超导现象。

高压极端条件可以创造常压难以形成的新结构，赋予材料新的功能特性，为实现和拓展满足特殊需求的材料构效提供独特机遇。目前实验报道的二元富氢化合物超导集中在稀土、碱土和过渡族金属等电负性较小的元素上。尽管共价键化合物 SH_3 作为首个实验报导的富氢高温超导体，由于共价型富氢超导的合成难度大，共价键结合的二元富氢高温超导材料的实验发现很少。

中国科学院物理研究所**靳常青**团队长期开展极端条件先进技术拓展和新材料的创制，近期他们实验**首次合成并发现转变温度高达116K的铋基富氢超导体，这是实验正式报导的首个VA族富氢超导体**。相关研究成果发表在 *National Science Review* 2024年第7期题为“实现室温高压条件下富氢超导的挑战”的专题。博士研究生卢可为第一作者，靳常青研究员和望贤成研究员为共同通讯作者，高压结构表征得到德国歌德大学Winkeler教授团队的密切合作。研究工作得到了国家自然科学基金委、科技部和中国科学院项目的资助。

靳常青团队近期相继独立实验制备发现 $T_c = 210 \text{ K}$ 的钙基富氢超导材料 (*Nature Communications* 13, 2863(2022))、首个4d钨基富氢高温超导材料 (*Science Bulletin* 67, 907(2022))、首个5d钨基富氢高温超导材料 (*Material Today Physics* 27, 100826(2022))、镧基富氢超导材料 (*Science China: Physics Mechanics & Astronomy* 66, 267411(2023))、钼基富氢超导材料 (*Chin. Phys. Lett.* 40, 57404 (2023) (Express Letters)) 和 NbH_3 (*Mater Today Phys* 40, 101298 (2024))。

第III到第VII主族的非金属元素具有较大的电负性，通常与氢以共价键相结合，靳常青研究员团队运用自行研发集成的超高压激光加热和极端条件在位磁电表征联合装置开展了这类主族二元富氢高温超导材料的实验创制。近期，靳常青研究员指导博士生卢可等人在主族非金属元素氢化物新材料高压制备和超导研究上取得了新进展。团队运用先进的超高压金刚石压砧实验技术，在184 GPa高压和2000 K的高温成功制备高质量的锑基富氢新化合物。高压在位电学表征揭示锑基富氢化物的电阻在116 K时发生突降，并在低温降至零电阻，表现高温超导转变。通过高压磁场电学表征，观察到转变温度随磁场增加而逐渐减小，进一步确认超导转变属性。通过超导转变随磁场的变化粗略估算了上临界场。结合同步辐射结构表征和有关锑基富氢化物的理论计算，认为它的高温超导来源于Sb~H共价键主导的六方相SbH₄。对于六方相SbH₄晶体，H~H形成三维导电网络的H~H最小间距为1.73 Å。研究表明对于较大的H~H距离，氢原子之间仍可以借助和非金属元素的轨道杂化实现金属化并进一步呈现大于100 K的高温超导，这为探索低压制备富氢化合物超导材料提供新的线索。在主族非金属元素的二元富氢共价化合物中，SbH₄为实验报道的超导温度仅次于SH₃的富氢超导体。该项研究进一步拓展了富氢高温超导材料的范畴，为高温超导机理研究提供了新素材。

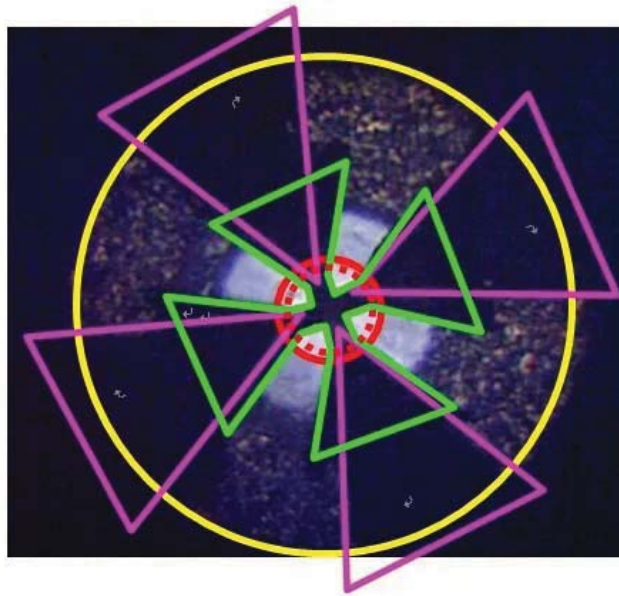


图1：金刚石压砧高压腔体样品和电极分布

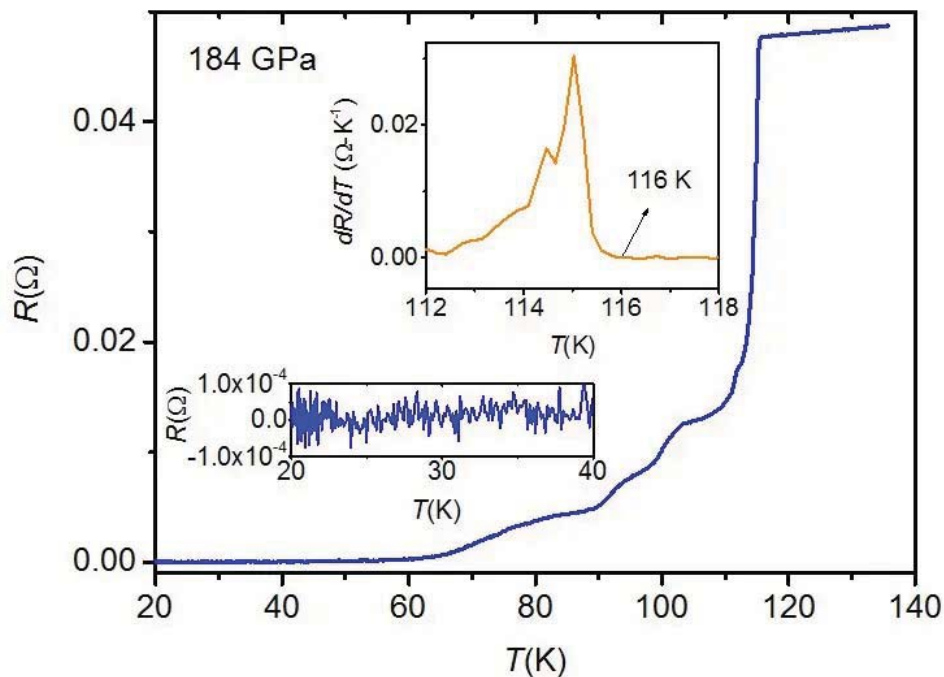


图2：锑基富氢超导体的高压在位电学表征结果，显示116 K的超导转变

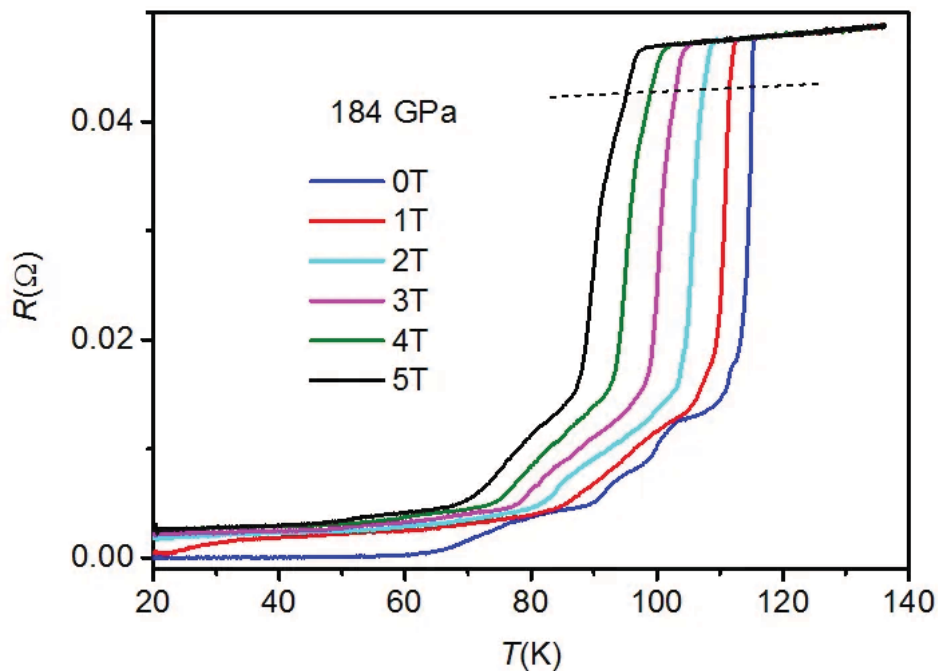


图3：锑基富氢超导转变随外加磁场的演化

了解详情，阅读原文

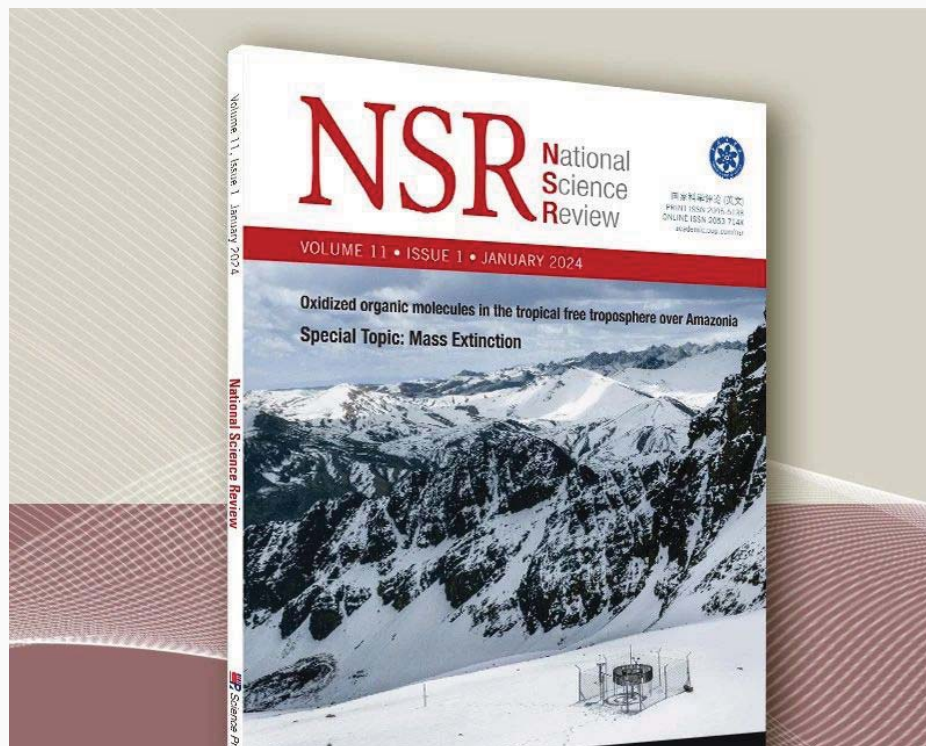
[点击下方链接或阅读原文] ▼

Superconductivity with T_c of 116 K discovered in antimony polyhydrides

<https://doi.org/10.1093/nsr/nwad241>

中国科学杂志社官方店

National Science Review



小程序

如需购买该期刊，请点击此处进入“纸质刊购买”



《国家科学评论》 541

《国家科学评论》·目录 ≡

< 上一篇 · 动态核极化技术在检测生物标志物中的应用 | NSR综述

[阅读原文](#)