

# 降低超导体的高压

(中国科学院理化技术研究所 戴闻 编译自 Matteo Rini. *Physics*, March 25, 2021)

理论学家提出了设计高温超导体的新方案，超导体工作在大大降低的压力下，这是朝向环境条件超导体迈出的新一步。

2020年最热门的物理成果之一是，富氢的材料可以在15 °C的温度下无阻地传输电流。15 °C是巴黎春天的平均温度，但这一室温超导的实现需要另一个在塞纳河畔无法满足的条件：267 GPa的压力，即接近地球核心的压力。包括罗马萨皮恩扎大学 Lilia Boeri 在内的研究人员，对放宽这一要求的前景表示乐观。在最近的美国家物理学会3月会议上，Boeri提出了在更接近我们日常环境的条件下实现超导的两种可能途径。

室温超导之路可以追溯到20世纪60年代的一个预言，即氢原子团如果被充分压缩，可能会转变成一种在高温下超导的金属。虽然氢金属化的压力非常大，但超导探索者试图在较低的压力下使用被称为氢化物(hydrides)的富氢化合物，寻求类似的效应。第一批氢化物超导体的成果终于在2015年出现，引发了一场“氢化物热潮”，并连续打破超

导高转变温度的记录。

据Boeri所说，这一进步很大程度上是由于过去15年理论进步的推动。有了适用于超导体新的密度泛函理论和越来越强大的晶体结构预测方法，理论学家们通过计算指导实验：从第一性原理计算，什么潜在超导体可以合成，以及如何影响超导发生的临界温度。

这些理论指导了提高氢化物超导温度的努力方向，确定了几个关键成分。例如，高度对称的晶体结构、高频声子以及原子之间的“硬”共价键，都可以提高材料中的电子—声子耦合强度，提高临界温度。金属氢应该具有所有这些特征，但只有在“禁区”压力下，在氢化物中，将原子引入晶格会产生一种“化学”压力，可以从内部挤压氢晶格，从而降低(合成晶体并实现超导)所需要施加的外部压力。

这种化学压力可以通过将氢与较大的原子结合来获得，研究人员之前已经使用镧、硫和钷等元素创造出了氢化物超导体。理论学家已经预测了氢与几乎所有其他元素结合产生的二元氢化物性质，以及它们的临界温度。但预计这些材料都不能在大大降低的压力下工作，于是Boeri和她的合作者提出了两个新的研究方向。

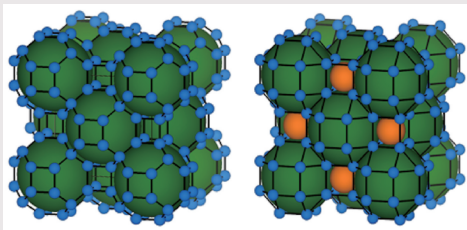
第一个研究方向涉及

在氢化物中添加第三元素，这增加了可能的结构数量，因此也增加了优化化学压力的选择。Boeri和合作者研究了一种由镧和硼合成的三元氢化物。他们的预测表明，在40 GPa压力下，这一化合物应该是稳定的，并且超导转变温度达到100 K。

这仍然是一个巨大的压力，但向下越过100 GPa门槛很有好处。“我可以去隔壁的实验室，请化学家为我合成这种化合物；而100 GPa压力超导体，全世界只有少数实验室有设施可以做到”，她说。

Boeri所遵循的第二个研究方向是，用其他轻原子取代氢。由硼和碳制成的材料也形成共价键，并具有适合高温超导的声子。Boeri团队正在仔细审查一个关于硼化物和碳化物结构的大型数据库，目的是开发可靠的公式来预测其临界温度。他们预计转变温度低于氢化物，但这些材料形成了在环境压力下稳定的晶体，使它们更容易使用。

加州大学伯克利分校的物理学家 Marvin Cohen 说，这一研究“从根本上很有趣”。Cohen 长期以来一直认为，超导转变温度提高的秘密在于共价键；并说，这些新的化合物允许测试上述想法。而且，如果这些系统的微观理论成立，实验证明正如Boeri预测的那样，将压力降到40 GPa，“则没有根本理由不能一路向前，直到达到环境压力”，他说。



(左)镧氢10(LaH<sub>10</sub>)是近年来开发的破纪录的高温高压氢化物之一。镧原子(绿色)对氢原子(蓝色)施加“化学压力”促成超导电性。现在研究人员表明，在晶体中加入硼原子(橙色)形成的三元化合物LaBH<sub>8</sub>(右)，可以降低获得高温超导所需的压力



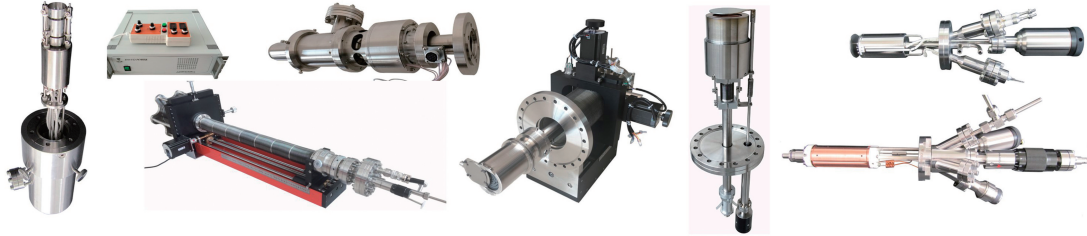
## 大连齐维科技发展有限公司

地址: 大连高新园区龙头工业园龙天路27号

电话: 0411-8628-6788 传真: 0411-8628-5677

E-mail: [info@chi-vac.com](mailto:info@chi-vac.com) HP: <http://www.chi-vac.com>

表面处理 and 薄膜生长产品: 氩离子枪、RHEED、磁控溅射靶、束源炉、电子轰击蒸发源、样品台。



超高真空腔室和薄膜生长设备: PLD系统、磁控溅射系统、分子束外延系统、热蒸发镀膜装置。



北京欧普特科技有限公司

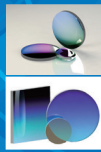
# Golden WAY SCIENTIFIC

专心/专注/专业

二十年的默默耕耘，风雨兼程，铸就了欧普特人“专心”，“专注”，“专业”的风格和品质，孜孜不倦地对创新和品质的追求，让欧普特具备了全线覆盖低、中、高，超高功率激光光学元件的加工生产和检测能力。伴随中国激光行业的蓬勃发展，欧普特愿与您共同进步，砥砺前行，为中国光电事业的发展进步共同尽一份心力和责任。

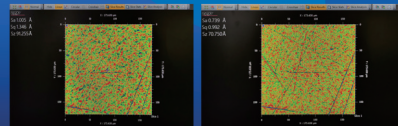
### 精密光学元件

1. 球面透镜
2. 柱面&非球面透镜
3. 光学棱镜
4. 反射镜(玻璃&金属)
5. 光学窗口
6. 偏振&消偏元件
7. 滤光片
8. 光栅

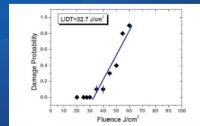


### 激光器件

1. 扫描场镜(紫外-红外)
2. 线扫镜头
3. 紫外远心镜头
4. 中继镜
5. 扩束镜



(熔石英基材, 直径50.8mm光学窗口)



(单晶硅基材, 1070nm高反膜)



北京市朝阳区酒仙桥东路  
1号M7栋东五层

www.goldway.com.cn  
Email: optics@goldway.com.cn

Tel: +86-(0)10-8456 0667  
Fax: +86-(0)10-8456 9901