
中国科学家开创二维金属研究新领域

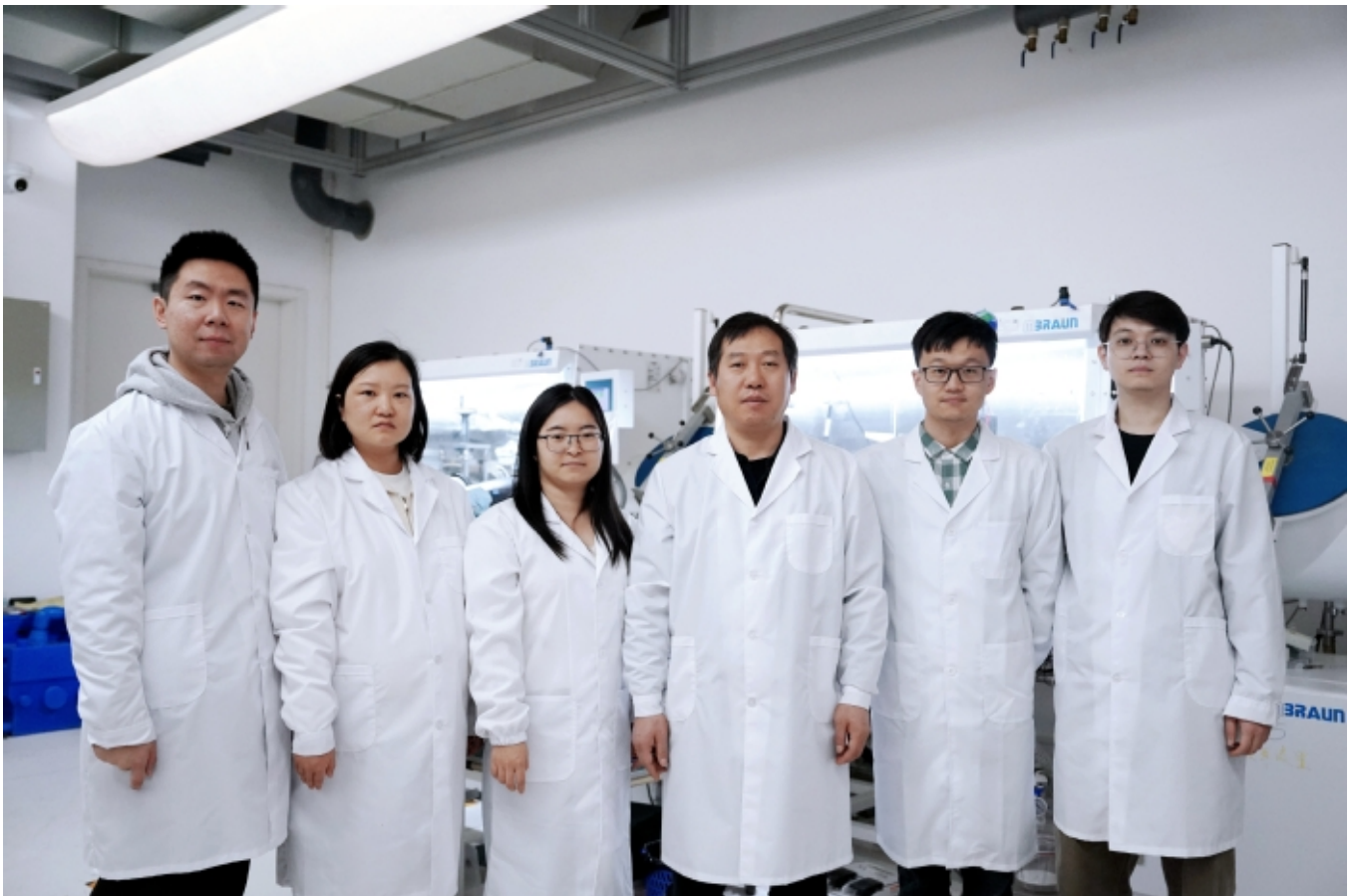
作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/32207.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

中国科学家开创二维金属研究新领域。中国科学院物理研究所研究员张广宇团队发展了原子级制造的范德华挤压技术，制备出原子极限厚度的各种二维金属，完成二维家族的一大块拼图。相关研究成果于3月13日发表在《自然》杂志。

审稿人一致评价：开创了二维金属这一重要研究领域，代表二维材料研究领域的一个重大进展。



团队成员合影，张广宇（右三）、赵交交（右二）。受访者供图

从压缩饼干中剥出千层饼

二维材料的概念伴随着2004年单层石墨烯的发现而被提出，它的诸多新奇特性极大颠覆了人类对

材料的认知，引领了凝聚态物理、材料科学等领域的突破性进展，拓展了基础研究和技术创新。在过去20年里，二维材料家族迅速扩大，目前实验可获得的二维材料达数百种，理论预测更达近2000种。然而，由占据元素周期表大半江山的金属构成的二维材料在家族中却一直缺席。

原子极限厚度下二维金属有着广阔的应用前景，将会带来超微型低功耗晶体管、高频器件、柔性透明显示、超灵敏探测、极致高效催化等众多领域的技术革新。

石墨烯是由单层碳原子的结构组成的。理论上，把金属做成单原子层厚度时，就成了二维金属。张广宇告诉《中国科学报》，尽管过去实验中观察到了一些非常薄的材料，但由于尺寸太小且和衬底有强的化学键相互作用，并非真正的二维金属。

大约在2016年，张广宇有了研究二维金属的想法，但当时国际上还没有成功的经验。摆在科学家面前有两大难题：制备方法和材料样品。

已有二维材料是层状结构，就像千层饼一样可以一张张撕开，从而通过剥离等方式来获得二维单层。而金属就像是一块儿紧实的压缩饼干，每个原子在任意方向均和周围原子存在强金属键相互作用，无法自然分层。

要想获得原子极限厚度的二维金属，就好比从压缩饼干中剥出像千层饼那样完整的一层来一样，极具挑战性。张广宇说。

20年积累终获突破

锻钢、打金箔等工业生产工艺给研究团队带来了灵感。有中华一绝之称南京金箔锻制技艺，通过数万次捶打将金块变成薄如蝉翼100纳米薄金箔。但这离达到单原子层厚度极限（小于1纳米）还有很大鸿沟。要达到原子极限的薄，关键在于样品的衬底需有着原子级平整的表面，还要在施压中克服材料各方向的力。

过去20年，张广宇团队始终专注二维材料的制备和物性研究，2018年以来，团队在蓝宝石衬底上外延制备高质量连续单层二硫化钼晶圆领域取得了一系列重要进展，且在2024年突破单层二硫化钼单晶晶圆和8英寸晶圆外延技术。二硫化钼正是原子级光滑平整的二维半导体，可为二维金属的制备提供理想的范德华压砧。

为什么一定要平整？张广宇解释道，就像压面团，假如按压的模具上全是刺，面团压出来也一定不平，无法达到超薄，而衬底就相当于模具。

由于该实验过去鲜少有团队做过，而工厂设备价格昂贵，张广宇团队决定自己改造实验设备，用几万元就达到了百万级设备的效果。最终经过长时间摸索，团队得到了包括铋、锡、铅、铟、镓等单原子层金属，这些二维金属的厚度仅仅是一张A4纸的百万分之一，是一根头发丝直径的二十万分之一。

该范德华挤压技术为二维金属合金、非晶和其他二维非层状材料也开辟了有效原子级制造方案，为各种新兴的量子、电子和光子器件应用提供了新的技术手段。

贴上中国标签

研究团队通过超1年的材料特性测试，发现这些二维金属具有非常好的环境稳定性，将有利于器件制备以探测二维金属的本征特性。此外，单层铋的室温电导率可达 $\sim 9.0 \times 10^6 \text{S/m}$ ，比块体铋高一个数量级以上，电阻可被栅压调控达35%，为低功耗全金属晶体管和高频器件提供了新思路。

原子极限厚度下二维金属的实现不仅超越当前二维层状材料体系，还有望演生出各种宏观量子现象，促进理论、实验和技术的进步。如二维金属不仅为理论提供了一个理想的量子受限模型体系，也是实验探索量子霍尔效应、二维超流或超导、拓扑相变等的绝佳载体。论文共同通讯作者、中国科学院物理研究所特聘研究员杜罗军说。

在我跟张老师读博士时，这一构思就有了，当时觉得不太能实现，因为金属原子间作用力很强，不像层状材料容易剥离。杜罗军坦承，该研究先后历经多位学生毕业，而论文的第一作者、博士生赵交交更是历经7年完成该工作——也是他博士期间唯一的一项工作。张老师一直告诉我们要做别人很难实现的研究，努力开创新领域、探索新材料，多‘啃硬骨头’。

在二维材料领域，石墨烯是英国人做出来的，其它也基本被欧美占据。之前没有人做过二维金属，中国科学家做出来了，未来二维金属领域就会贴上中国标签。张广宇说。（来源：中国科学报韩扬眉）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08711-x>

作者：张广宇等 来源：《自然》

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发