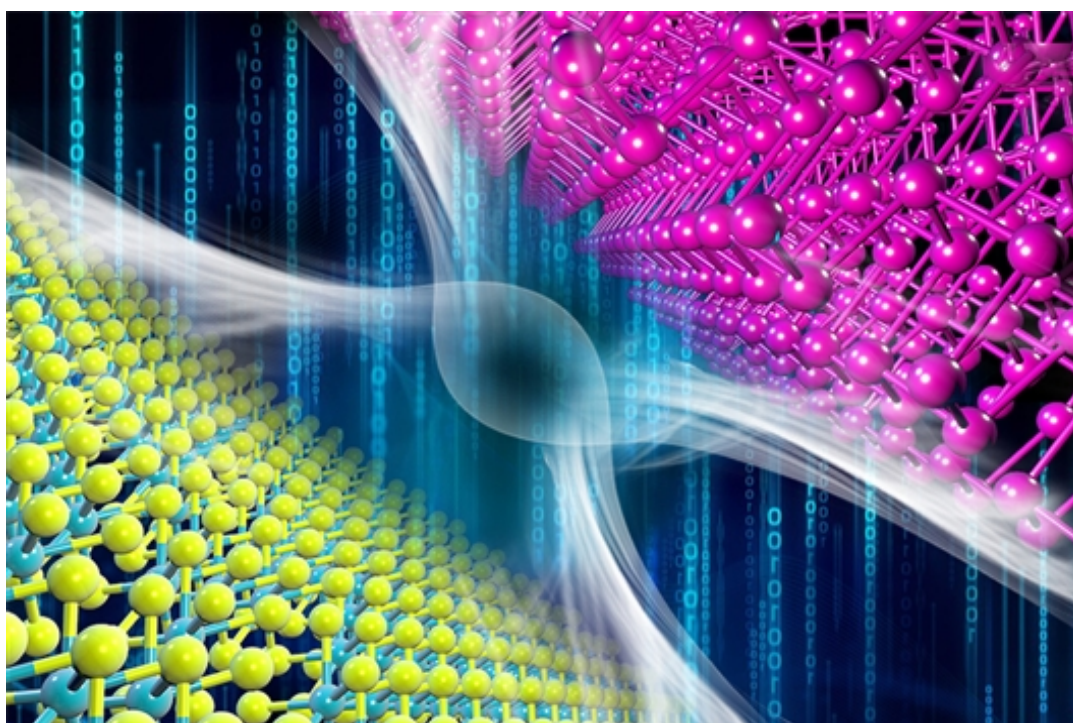

科学家攻克二维半导体欧姆接触难题

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21577.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！

科学家攻克二维半导体欧姆接触难题。



半金属—二维半导体能带杂化艺术想象图 课题组供图

1月11日，南京大学教授王欣然、施毅带领国际合作团队在《自然》上以《二维半导体接触接近量子极限》为题发表研究成果。该科研团队通过增强半金属与二维半导体界面的轨道杂化，将单层二维半导体MoS₂的接触电阻降低至 $42 \text{ } \mu\text{m}$ ，超越了以化学键结合的硅基晶体管接触电阻，并接近理论量子极限，该成果解决了二维半导体应用于高性能集成电路的关键瓶颈之一。

硅基集成电路在过去60多年一直沿着摩尔定律的预测，朝着更小晶体管尺寸、更高集成度和更高能效的方向发展。然而，由于量子效应和界面效应的限制，硅基器件的微缩化已经接近极限。最新的国际器件与系统路线图预测，在2nm技术节点以下，以MoS₂为代表的二维半导体将取代硅成为延续摩尔定律的新沟道材料。

金属—半导体欧姆接触是实现高性能晶体管的关键，特别是在先进工艺节点下。传统硅基器件利用离子注入对接触区域进行高浓度掺杂，通过接触与沟道界面的化学键实现欧姆接触，其接触电阻约为 $100 \mu\text{m}$ 。由于原子级厚度，二维半导体与高能离子注入工艺不兼容，需要发展全新的欧姆接触技术。与硅相比，二维半导体存在天然的范德华间隙，金属与半导体界面的波函数杂化耦合较弱，因此实现超低接触电阻具有很大的挑战，这也是长期以来限制二维半导体高性能晶体管器件的关键瓶颈之一。

面对上述挑战，合作团队提出了轨道杂化增强的新策略，在单层MoS₂晶体管中实现了目前最低的接触电阻 $42 \mu\text{m}$ ，首次低于硅基器件并接近理论量子极限。团队首先通过第一性原理计算，在半金属Sb中发现了一个特殊的(0112)面，具有较强的z方向原子轨道分布，即使存在范德华间隙仍然与MoS₂具有较强的原子轨道重叠，导致金属-半导体能带杂化，大幅提升电荷转移和载流子注入效率。进一步计算发现，该策略对于其他过渡金属硫族化合物半导体（如WS₂、MoSe₂、WSe₂）具有普适性。在实验上，团队发展出高温蒸镀工艺在MoS₂上实现了Sb(0112)薄膜的制备，通过X射线衍射和扫描透射电子显微镜验证了Sb薄膜的取向，以及与MoS₂之间的理想界面。

基于该工艺，团队制备了MoS₂晶体管器件，发现Sb(0112)面与MoS₂的平均接触电阻比Sb(0001)面低3.47倍，平均电流密度提升38%，充分证明了Sb(0112)接触对器件性能的显著提升作用。大规模晶体管阵列的统计结果表明Sb(0112)接触的各类性能参数呈现优异的均一特性，有望应用于二维半导体的集成规模化制造。由于接触电阻的降低，20nm沟道长度的MoS₂晶体管在1V源漏电压下呈现电流饱和特性，开态电流高达 $1.23\text{mA}/\mu\text{m}$ ，比之前的记录提高近45%，超过了相同节点的硅基CMOS器件，并满足IRDS对1nm节点逻辑器件的性能需求。Sb(0112)接触展现出来的优异电学性能、稳定性和后端兼容性证明该技术有望成为二维电子器件的核心技术。

据悉，该工作由南京大学、东南大学、南京工业大学、湖南大学和美国斯坦福大学共同完成。南京大学教授王欣然、施毅和东南大学教授王金兰为论文共同通讯作者。（来源：中国科学报温才妃）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05431-4>

作者：王欣然等 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