
单原子层沟道的鳍式场效应晶体管问世

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8545.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！

20世纪40年代以来，以微电子技术为主导的信息技术革命极大地推动了科学技术的发展和社会的变革。过去几十年来，微电子技术产业沿摩尔定律取得了突飞猛进的发展，按照摩尔定律的预测，集成电路可容纳晶体管数目大约每两年增加一倍。目前集成电路中可实现的最小加工尺寸为3-5纳米。当前，随着集成电路特征尺寸逼近工艺和物理极限，进一步缩小晶体管器件特征尺寸极具挑战。

相对于传统的体硅半导体材料，近年来具有原子尺度的低维材料得到了快速发展，碳纳米管、二维原子晶体等新材料不断被尝试用于构建晶体管的沟道材料或电极材料。近日，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心科研人员与国内外多家单位合作，首次演示了可阵列化、垂直单原子层沟道的鳍式场效应晶体管（FinFET）（图1），在《自然-通讯》（*Nature Communications*）在线发表题为《单原子层沟道的鳍式场效应晶体管》（*A FinFET with one atomic layer channel*）的研究论文。

研究人员设计了高~300nm的硅晶体台阶模板，通过湿法喷涂化学气相沉积（CVD）方法，实现了与台阶侧壁共形生长的过渡族

金属硫化物单原子层晶体（MoS₂、WS₂

等）。通过采用多重刻蚀等微纳加工工艺（图2），制备出以单层极限二维材料作为半导体沟道的鳍式场效应晶体管，同时成功制备出鳍式场效应晶体管阵列（图3）。除此之外，尝试了引入碳纳米管替代传统金属作为栅极材料，结果显示该材料比传统金属栅具有更好的包覆性，可以有效提高器件性能。通

过对数百个晶体管器件统计测量，测得电

流开关比达10⁷，亚阈值摆幅达300mV/dec（图4a-d）。理论计算表明，所提出的鳍式场效应晶体管能够实现优异的抗短沟道效应，如漏端引入的势垒降低（DIBL）可以低至5mV/V（图4e-f）。

该项工作将FinFET的沟道材料宽度减小至单原子层极限的亚纳米尺度（0.6 nm）（图5），同时，获得了最小间距为50 nm的单原子层沟道鳍阵列，该研究作为后摩尔时代的场效应晶体管器件的发展提供了新方案。

该工作由金属所与湖南大学、山西大学、中科院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、中科院合肥物质科学研究院强磁场科学中心、法国原子能总署等单位合作完成。金属所韩拯、孙东明课题组主导了该研究项目工作，承担器件制备与表征；湖南大学刘松课题组负责CVD生长；山西大学博士董宝娟承担有限元模拟工作；苏州纳米所邱松课题组提供了制备栅极材料的碳纳米管溶液；强磁场中心杜海峰课题组主导了相关透射电镜样品的制备与表征。陈茂林、孙兴丹、刘航（湖南大学）为共同第一作者，韩拯、孙东明、刘松、董宝娟为共同通讯作者。该研究工作得到国家自然

科学基金、中科院、沈阳材料科学国家研究中心、国家重点研发计划青年项目、青年千人计划等支持。

[论文链接](#)

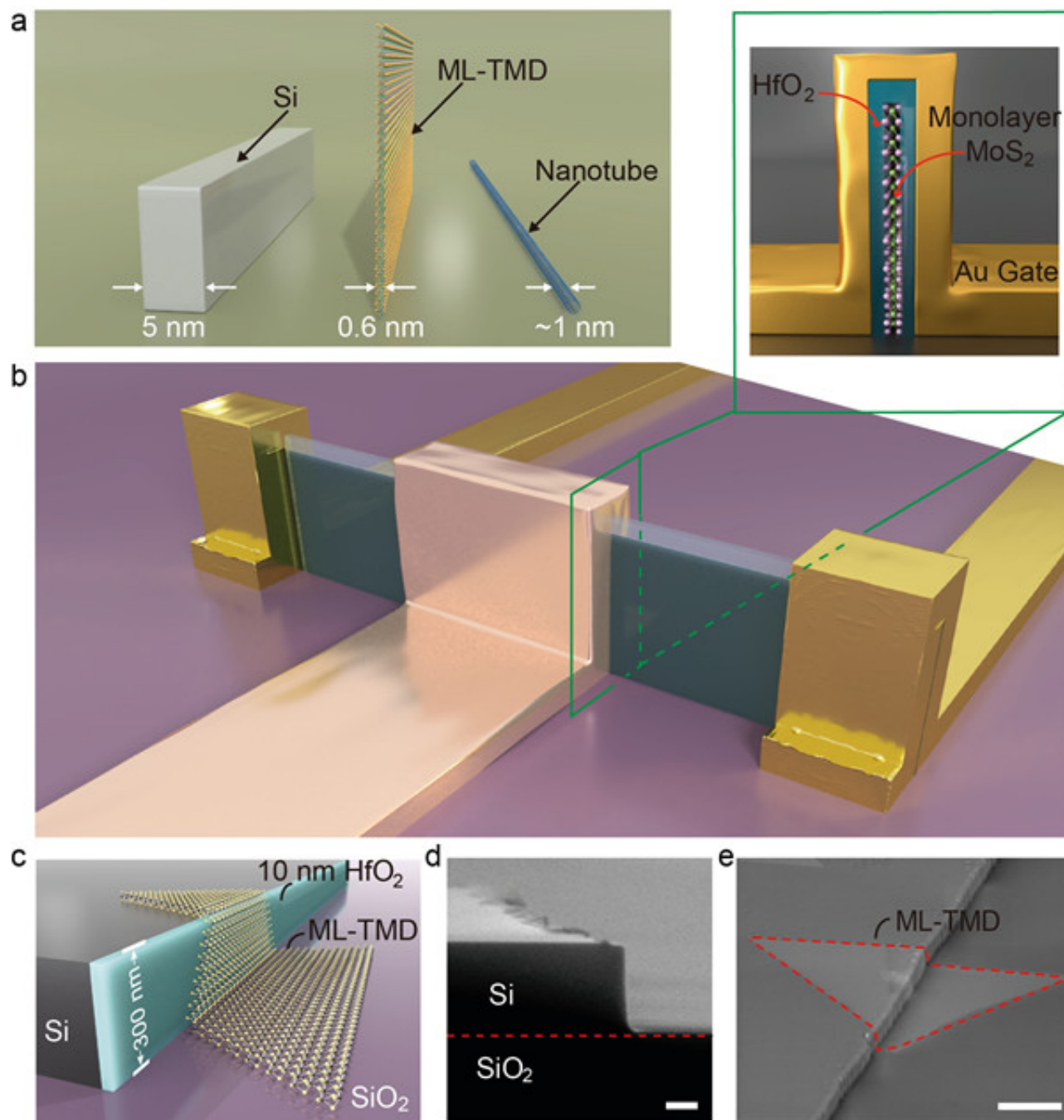


图1：单原子层沟道的鳍式场效应晶体管。a)硅工艺FinFET的沟道材料、垂直二维原子晶体与单根碳纳米管尺寸对比示意图。b) 器件结构示意图。插图为截面示意图。c) 台阶共形生长的单层二维过渡族金属硫化合物示意图。d-e) 台阶模板扫描电镜照片，其中标尺分别为100 纳米（左）和1微米（右）。

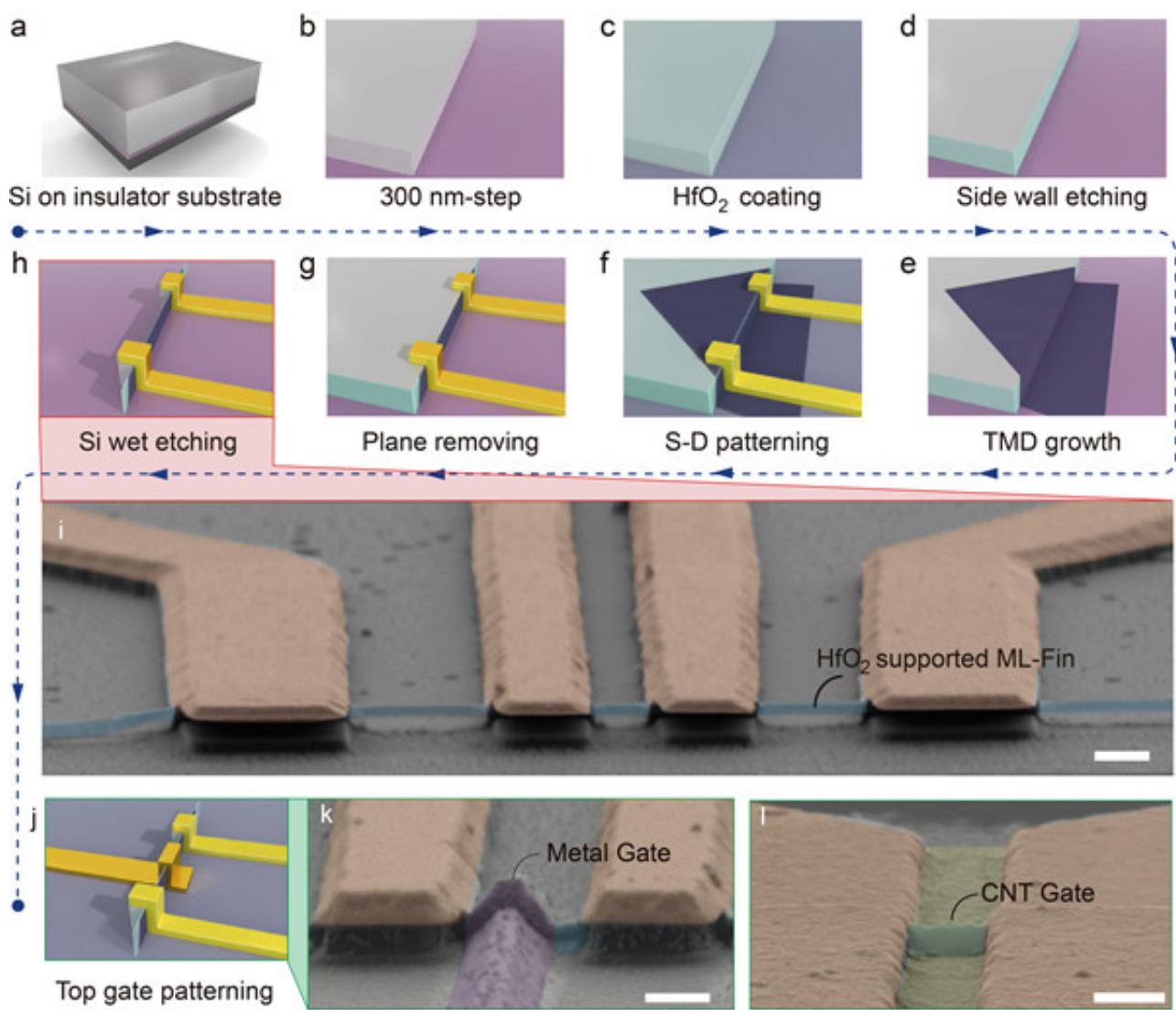


图2: 器件工艺流程及扫描电镜照片。

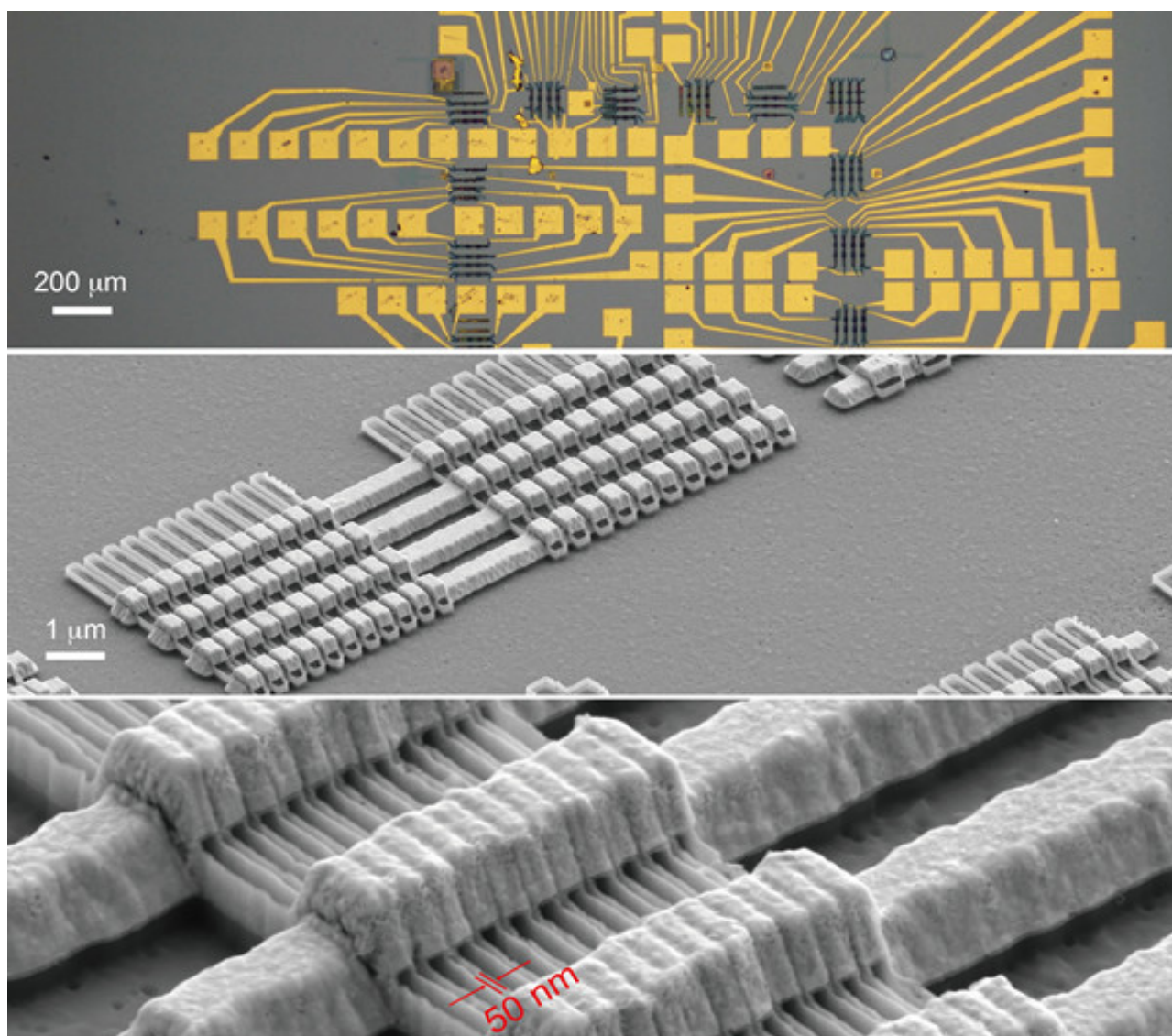


图3: 可阵列化的单原子层鳍式晶体管形貌图（阵列最小间距为50纳米）。

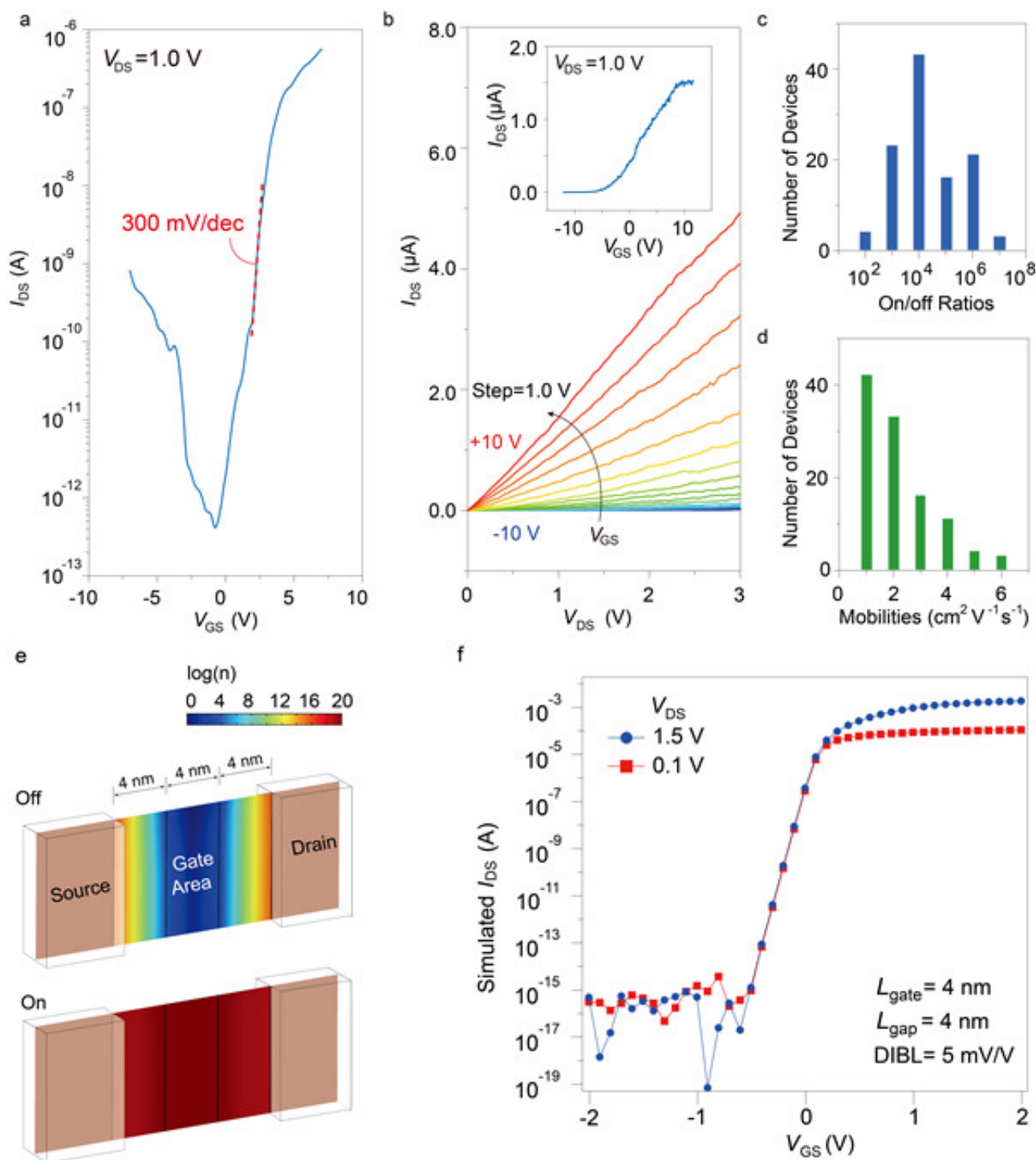


图4: a)-d) 单原子层鳍式场效应晶体管的电学性能；e)-f) 有限元计算模拟。

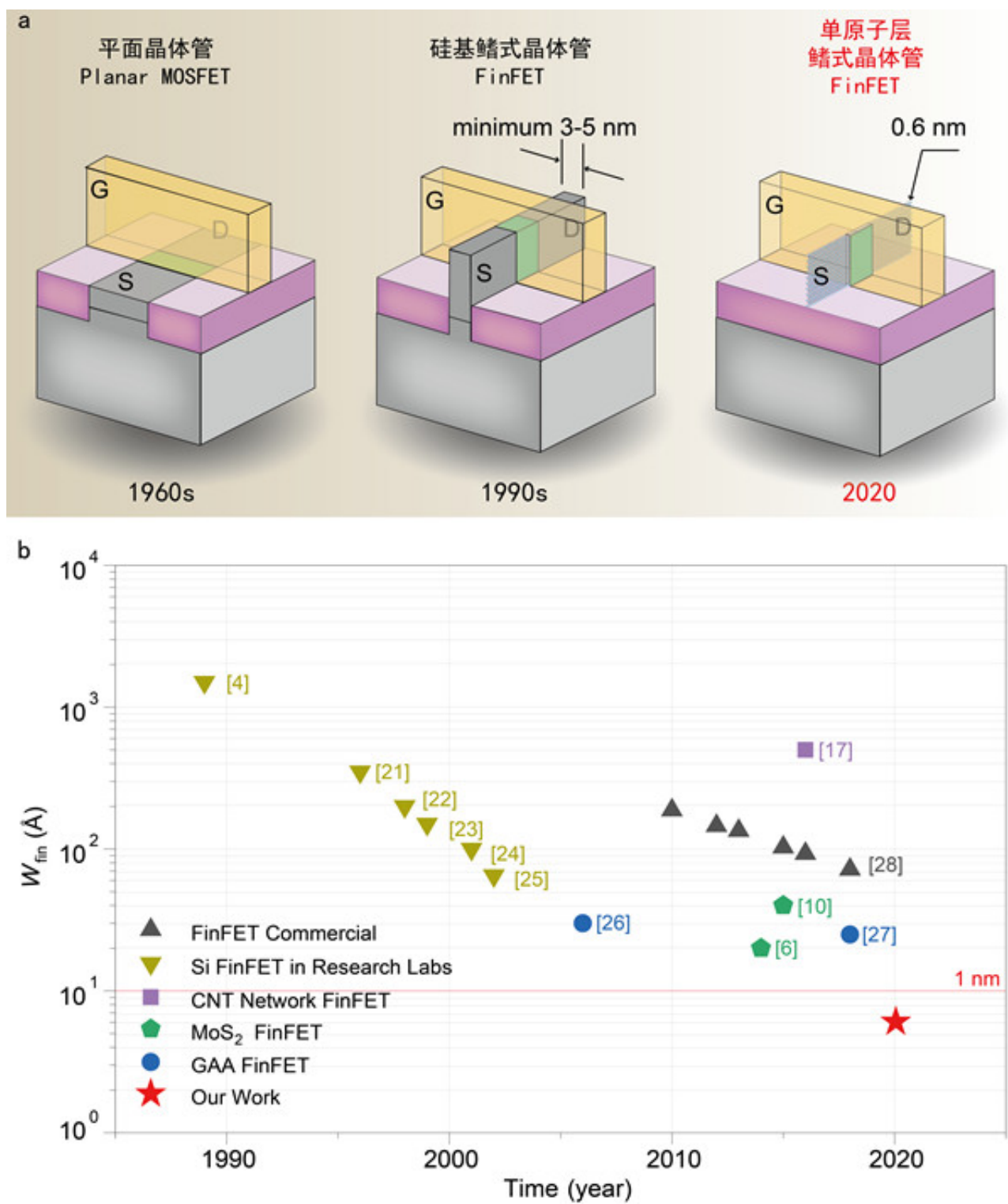


图5: a) MOSFET场效应晶体管的几种构型；b) FinFE器件鳍宽的发展历程。

研究团队单位：金属研究所

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

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