

前沿技术多点突破 原始创新厚积薄发

中国半导体研究与工艺跃迁全球视野

文 / 田也, 中国国际科技促进会半导体产业发展分会, 宣传部主任

Multiple Breakthroughs in Frontier Technologies, Original Innovations Ready to Emerge

China's Semiconductor Research and Process Leap: A Global Perspective

By Tian Ye, Director of the Propaganda Department of the Development Of Semiconductor Industrial Branch of the China International Association for Promotion of Science and Technology

本期《技术纵横——技术深度》聚焦于 2025年夏季我国半导体与前沿科技领域涌现的一系列重大原始创新与关键技术突破, 展现出从材料、器件到工艺的全面进展。

岳麓山实验室段曦东团队于《Science》发表二维半导体超掺杂新策略, 突破传统介电极限, 为高性能电子器件开辟全新路径; 长春应化所开发双自由基分子材料, 大幅提升钙钛矿电池效率与稳定性; 平煤神马实现 8N8超高纯度碳化硅粉体量产, 打破国际垄断。与此同时, 深圳平台激光剥离技术达到国际先进水平, 显著降低 SiC器件成本; 中山大学研制出高保真度量子纠缠光源, 为光量子芯片奠定基础; 华工科技联合中科大揭示紫外激光退火机理, 推动化合物半导体工艺自主化。

这些成果为构建自主可控技术体系和未来产业竞争力提供坚实支撑。

Abstract

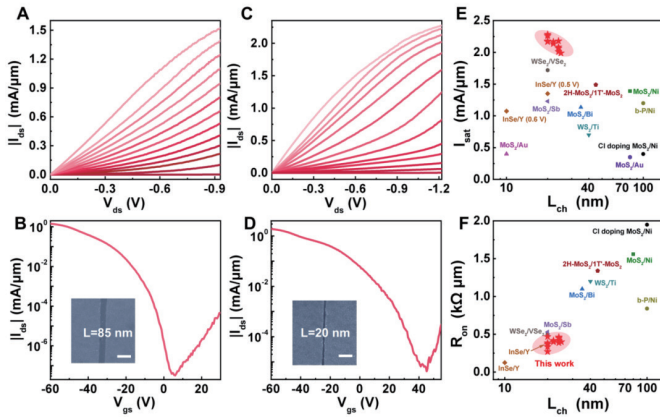
This issue of Technology Panorama · Technology in Depth focuses on a series of major original innovations and key technological breakthroughs emerging in China's semiconductor and frontier technology sectors in the summer of 2025, showcasing comprehensive progress from materials and devices to processes.

The team led by Duan Xidong at the Yuelushan Laboratory published a new strategy for two-dimensional semiconductor hyperdoping in Science, breaking the traditional dielectric limit and opening a new path for high-performance electronic devices. The Changchun Institute of Applied Chemistry developed double-radical molecular materials, significantly enhancing the efficiency and stability of perovskite solar cells. Pingmei Shenma

achieved mass production of 8N8 ultra-high-purity silicon carbide powder, breaking the international monopoly. Meanwhile, Shenzhen-based laser lift-off technology reached internationally advanced levels, markedly reducing the cost of SiC devices; Sun Yat-sen University developed a high-fidelity quantum entangled photon source, laying the foundation for photonic quantum chips; Huagong Technology, in collaboration with the University of Science and Technology of China, revealed the ultraviolet laser annealing mechanism, advancing the independent development of compound semiconductor processes.

These achievements provide solid support for building a self-reliant technology system and enhancing future industrial competitiveness.

岳麓山工业创新中心段曦东团队破局二维半导体



1L-SnS₂/2L-WSe₂ vdWH 短沟道 FET 的超高 I_{on} 与超低 R_{on} 特性

6月12日，国际权威期刊《Science》在线发表岳麓山工业创新中心、湖南大学化学化工学院、二维材料湖南省重点实验室段曦东教授团队完成的、具有普适性的栅极调控能带调制超掺杂策略的最新研究成果。

段曦东教授团队使用单层二硫化锡（1L-SnS₂）与双层二硒化钨（2L-WSe₂）构建具有III型能带排列的范德华异质结构（vdWHs）。背栅偏置电压（ V_{gs} ）能够对层间电荷转移掺杂进行有效调制，实现了超过典型介电击穿的最大静电掺杂极限的超掺杂，获得了高达

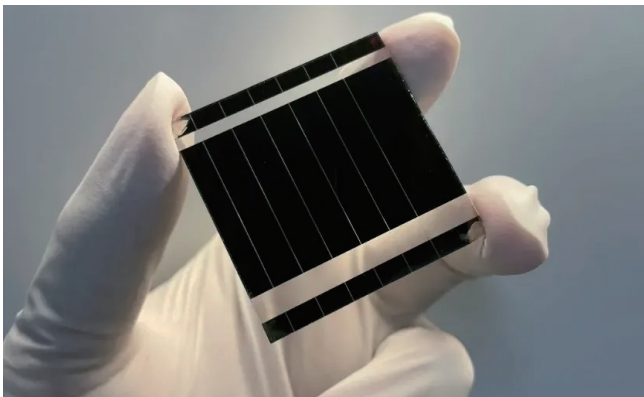
$1.49 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 的超高二维空穴浓度。高空穴浓度使p型2D晶体管展现出优异性能，其最低源漏接触电阻（RC）低至 $0.041 \text{ k}\Omega \cdot \mu\text{m}$ ，最高开态电流密度（ I_{on} ）高达 $2.30 \text{ mA}/\mu\text{m}$ 。

研究成果成功实现了2DSCs中超高的n_{2D}，超低RC与 R_{on} 以及创纪录的高 I_{on} 。这为调控二维半导体中的载流子浓度提供了一种超越传统电介质限制的能带调制掺杂方法，为未来高性能2D电子器件的开发开辟了新途径。



来源：岳麓山工业创新中心微信公众号

我国科学家实现新型半导体光伏研发突破



来源：人民日报海外版 2025年07月03日 第09版
https://paper.people.com.cn/rmrbhwb/pc/content/202507/03/content_30084386.html

6月27日，从中国科学院长春应用化学研究所获悉，该所秦川江、王利祥研究团队在新型有机自组装分子设计及其在钙钛矿太阳能电池中的应用研究中取得重大突破。研究团队首次开发出一种高效、稳定且分散性优异的双自由基自组装分子材料，显著提升了钙钛矿太阳能电池的光电转换效率、运行稳定性和大面积加工均匀性。相关成果日前发表在国际期刊《Science》上。

钙钛矿太阳能电池因其高效率、低成本以及可溶液加工等优势，被广泛认为是下一代光伏技术的核心方向。但其在产业化进程中面临着关键瓶颈。科研人员引入给受体共轭设计策略，成功开发了一种开壳双自由基自组装分子。评估结果表明，双自由基分子的载流子传输速率是传统材料的2倍以上，并且在模拟工况条件下表现出极高的稳定性。

平煤神马碳化硅粉体纯度突破 8N

7月3日，从中国平煤神马集团传来消息，该集团旗下中宜创芯公司于近日成功将碳化硅半导体粉体纯度突破8N，最高达到8N8（99.9999998%）。

碳化硅作为第三代半导体核心材料，其粉体纯度直接

影响单晶生长质量和电学性能。此前，全球碳化硅粉体纯度的最高纪录8N（99.999999%），由一家国际行业巨头保持。碳化硅半导体粉体纯度的提高，标志着我国在高端半导体材料领域实现重大突破，为芯片产业自主化注入强劲动力。



来源：中国化工报网站

SiC 激光剥离技术领域取得新进展 性能指标达到国际先进水平

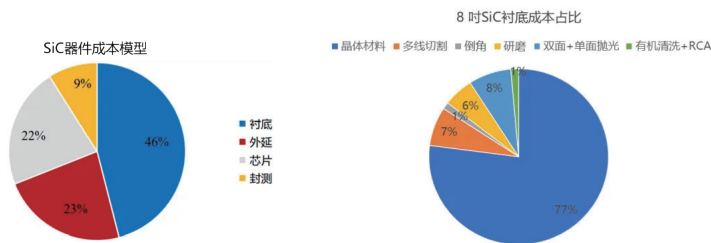
7月8日，国家第三代半导体技术创新中心深圳平台（深圳平湖实验室）宣布使用国产的全自动化激光剥离系统，对激光剥离的机理进行深入研究、系统优化激光

剥离工艺参数，2025年6月实现SiC激光剥离的单片总损耗 $\leq 75\mu\text{m}$ ，单片成本降低约26%，达到国际先进水平，已完成三批次的小批量验证，良率100%。核心性能指标

达到国际先进水平，在关键技术及设备实现了自主可控，保障了供应链安全，降低了对外依赖风险，工艺成熟可靠，可快速实现产业化。

激光剥离技术通过降低衬底成本，推动 SiC 功率器件价格链整体下移，加速其对 IGBT 的替代进程，

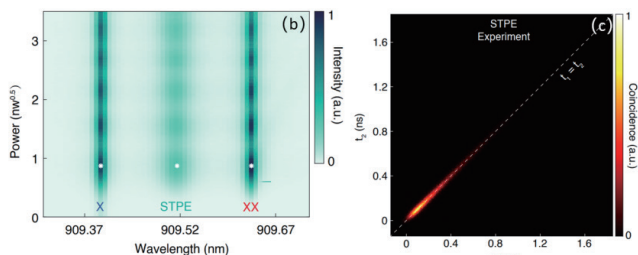
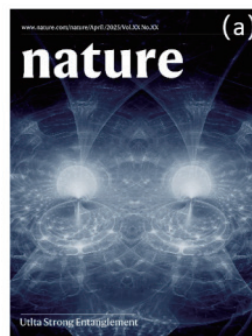
并重塑全球供应链格局。短期内，价格下降将刺激新能源汽车等领域需求爆发；长期来看，技术迭代与政策支持将推动行业向大尺寸化、集成化演进，而企业需在技术创新与产能优化间找到平衡，以应对产能过剩和替代技术的双重挑战。



来源：深圳平湖实验室微信公众号

中山大学科研团队研制出新型量子纠缠光源

7月9日,《Nature》杂志在线发表中山大学物理学院王雪华、刘进教授团队主导的最新研究成果。团队提出了一种全新的腔诱导自发双光子辐射方案,在国际上率先实现与单光子辐射强度相当的自发双光子辐射,研发出保真度高达99.4%的按需触发式新型微纳量子纠缠光源。这一成果为新一代量子精密测量技术的发展,以及功能化光量子信息处理芯片的构建提供了关键支撑。

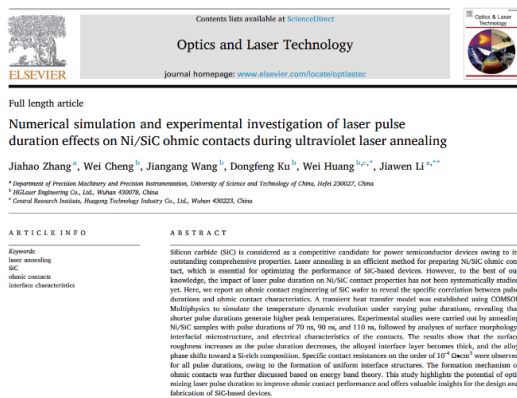


自发双光子辐射。(a) 双光子纠缠概念图;(b) 腔诱导的自发双光子辐射光谱;
(c) 自发双光子辐射的量子关联特性。



来源：中山大学微信公众号
<https://mp.weixin.qq.com/s/vQ0W3dn4kj6lqgTVA8QCHA>

华工科技联合中科大突破半导体激光退火关键技术



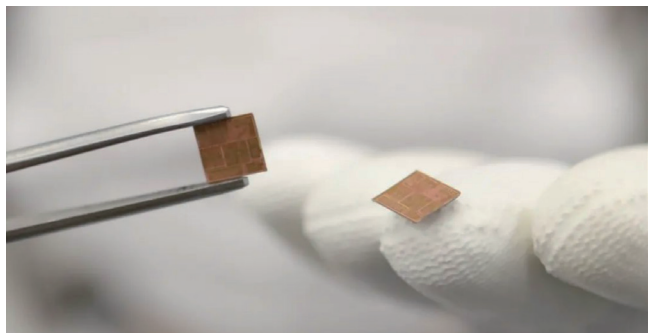
来源：华工科技微信公众号
https://mp.weixin.qq.com/s/KibhYIGQCc2J_8mOKzp44Q

7月10日，华工科技宣布华工科技中央研究院与中国科学技术大学合作开展的宽禁带化合物半导体激光退火研究取得重大进展，由中国科学技术大学李家文教授为通讯作者，华工科技中央研究院半导体项目技术负责人黄伟博士为共同通讯作者所著的论文《Numerical simulation and experimental investigation of laser pulse duration effects on Ni/SiC ohmic contacts during ultraviolet laser annealing》在国际知名学术期刊《Optics and Laser Technology》正式发表，标志着我国在半导体激光制程领域的基础研究获得国际学术界

认可。

研究团队通过高能量紫外脉冲激光作用于碳化硅（SiC）晶体及金属表面，首次系统及深刻地揭示了不同紫外激光脉宽下调控宽禁带化合物半导体器件电学性能的原理和方法，通过软件仿真了解紫外脉冲激光在金属镍（Ni）薄膜和SiC中热扩散机理和路径，再依托华工科技自主研发的全自动SiC晶圆激光退火装备实现工艺落地，完成Ni/SiC器件的欧姆接触退火测试，并得到行业内较好水准的器件性能参数，为激光退火技术在化合物半导体的量产应用提供了理论依据与工艺范式。

LG Innotek 推出全球首个高端半导体基板铜柱技术



来源：电子技术应用网站
<https://m.chinaaet.com/article/3000172450>

6月25日，LG Innotek 宣布成功开发出全球首个面向移动半导体基板的铜柱（Cu-post）技术，并已实现量产应用。这一技术的推出，为智能手机轻薄化设计和高性能需求提供了创新解决方案。

铜的导热性比典型焊接材料高出七倍以上，能够更快地散发半导体封装中的多余热量。相比传统锡铅焊球，

铜柱具有更低的电阻、更高的导热性以及更优的机械强度，能够有效提升芯片间的电气连接性能和散热能力，尤其适用于高性能计算、移动通信、汽车电子等对可靠性和集成度要求极高的场景。

据 LG Innotek 介绍，应用该技术后，半导体基板在性能不变的前提下，尺寸最多可缩减 20%。