
金属所等发明热发射极晶体管

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/28819.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！

金属所等发明热发射极晶体管。

集成电路是现代信息技术的基石，而晶体管则是集成电路的基本单元。随着晶体管尺寸的不断缩小，其进一步发展的挑战日益增多。因此，探索具有新工作原理的晶体管，已成为提升集成电路性能的关键。传统晶体管主要依赖稳态载流子的传输，而热载流子晶体管则通过将载流子调制到高能态来提升器件的速度和功能，展现出突破现有晶体管技术限制的潜力。然而，过去的热载流子晶体管主要依靠隧穿注入和电场加速来生成热载流子，由于界面势垒的影响，所生成的热载流子电流密度不足，严重限制了器件性能的提升。

石墨烯等低维材料凭借其原子级厚度、优异的电学和光电性能，以及无表面悬键等特性，易于与其他材料形成异质结，从而产生丰富的能带组合，为热载流子晶体管的发展提供了新思路。中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心与北京大学的科研团队合作，采用了一种创新思路，通过可控调制热载流子来提高电流密度，发明了一种由石墨烯和锗等混合维度材料构成的热发

A hot-emitter transistor based on stimulated emission of heated carriers为题，发表在《自然》（Nature）上。

这款新型晶体管由两个耦合的“石墨烯/锗”肖特基结组成（如图1所示）。在器件工作时，载流子由石墨烯基极注入，随后扩散到发射极，并激发出受电场加热的载流子，从而导致电流急剧增加。这一设计实现了低于1 mV/dec的亚阈值摆幅（如图2所示），突破了传统晶体管的玻尔兹曼极限（60 mV/dec）。此外，该晶体管在室温下还表现出峰谷电流比超过100的负微分电阻（如图3所示），展示出在多值逻辑计算中的应用潜力（如图4所示）。

该项研究开辟了晶体管器件研究的新领域，为热载流子晶体管家族增添了新成员，并有望推动其在未来低功耗、多功能集成电路中的广泛应用。

研究工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、中国科学院、辽宁省科技厅等的支持。

[论文链接](#)

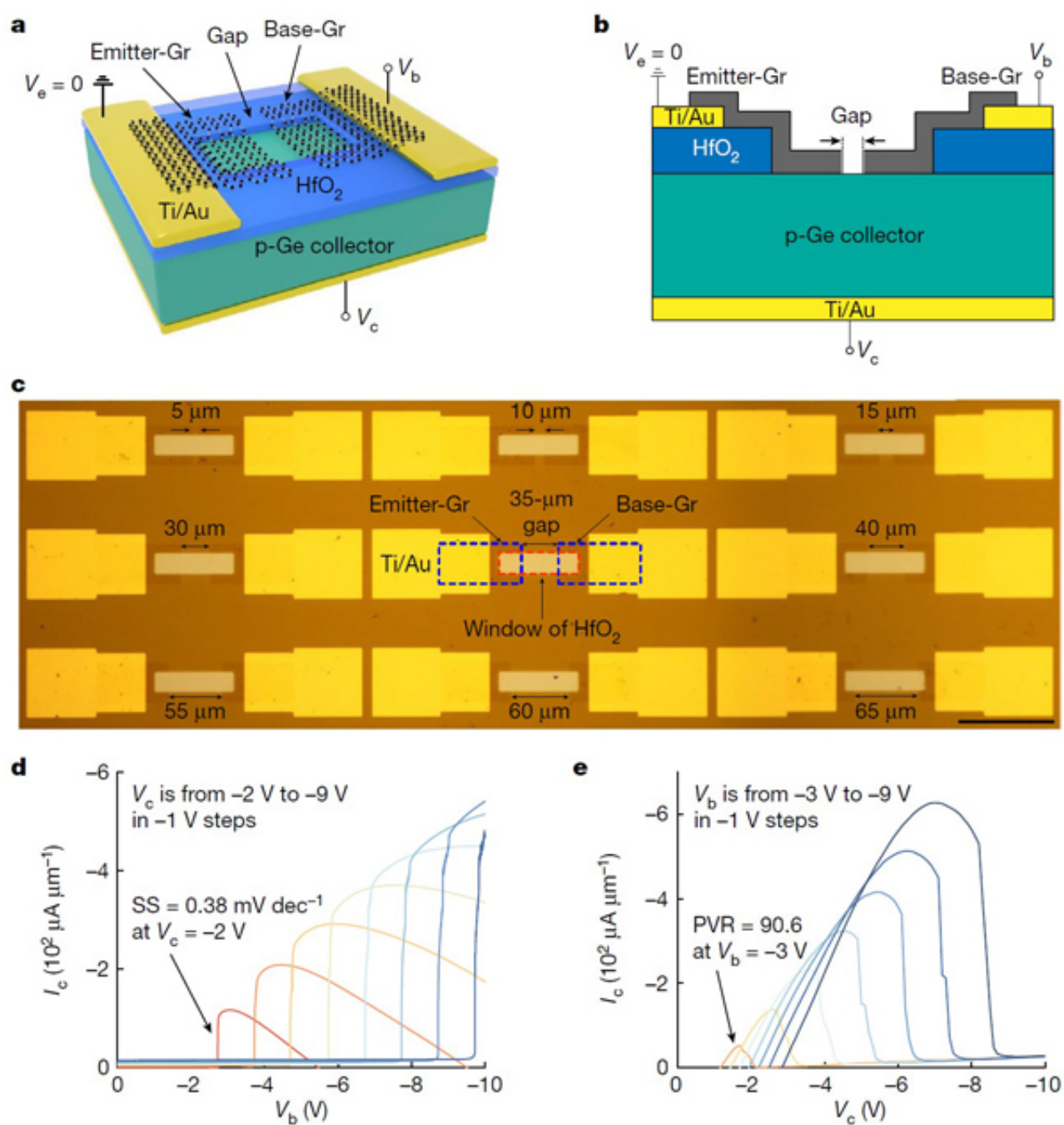


图1. 晶体管器件结构和基本特性。a. 器件结构示意图；b. 横截面图；c. 晶体管阵列；d. 转移特性曲线；e. 输出特性曲线。

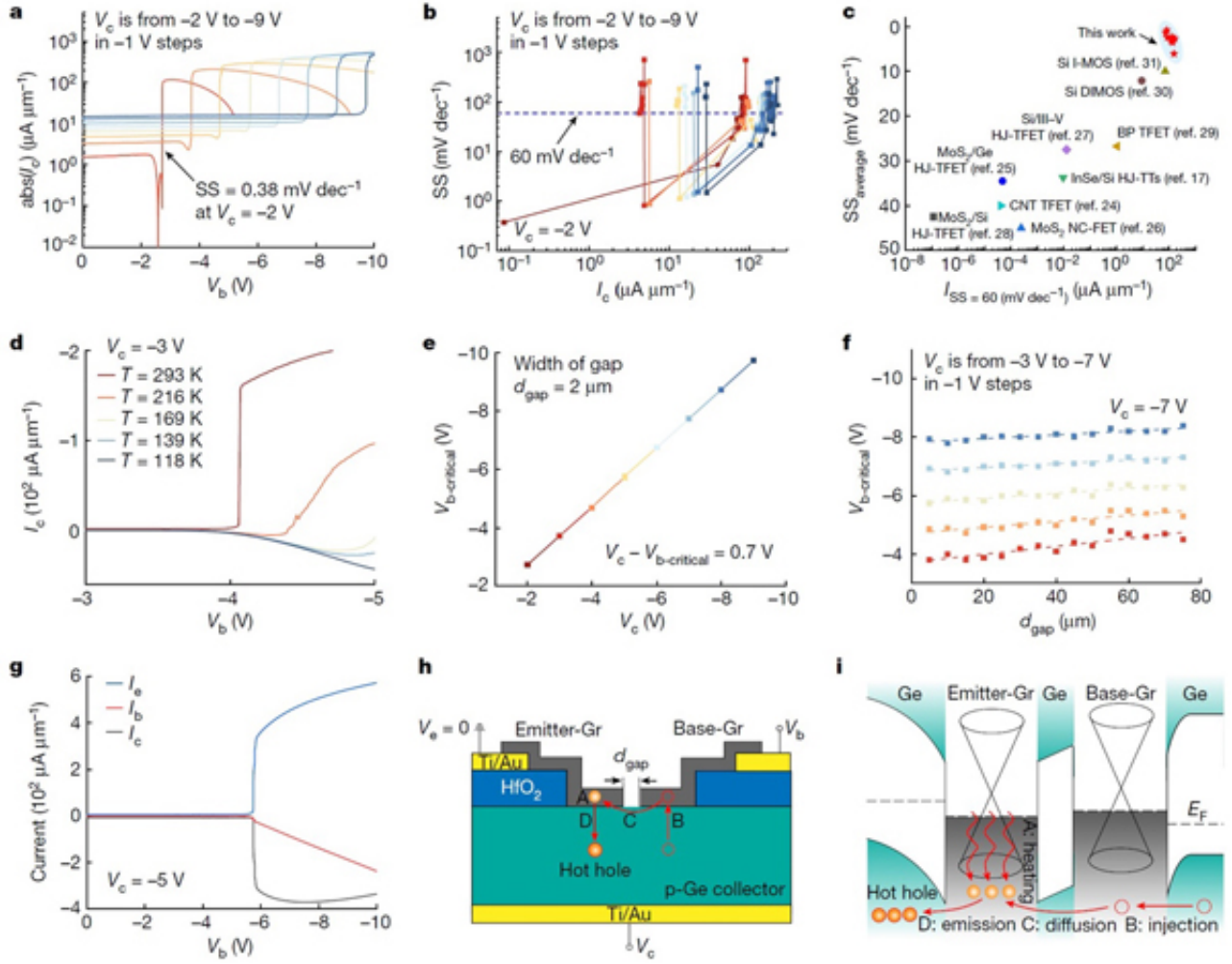


图2. 超低亚阈值摆幅特性和受激发射机制。a. 转移特性曲线；b. 亚阈值摆幅与电流关系图；c. 亚阈值摆幅性能对比图；d. 转移特性中电流的温度依赖性；e. 临界基极偏压与集电极偏压关系图；f. 临界基极偏压与缝隙宽度关系图；g. 发射极电流与基极偏压关系图；h. 载流子在晶体管中的流向图；i. 器件能带图。

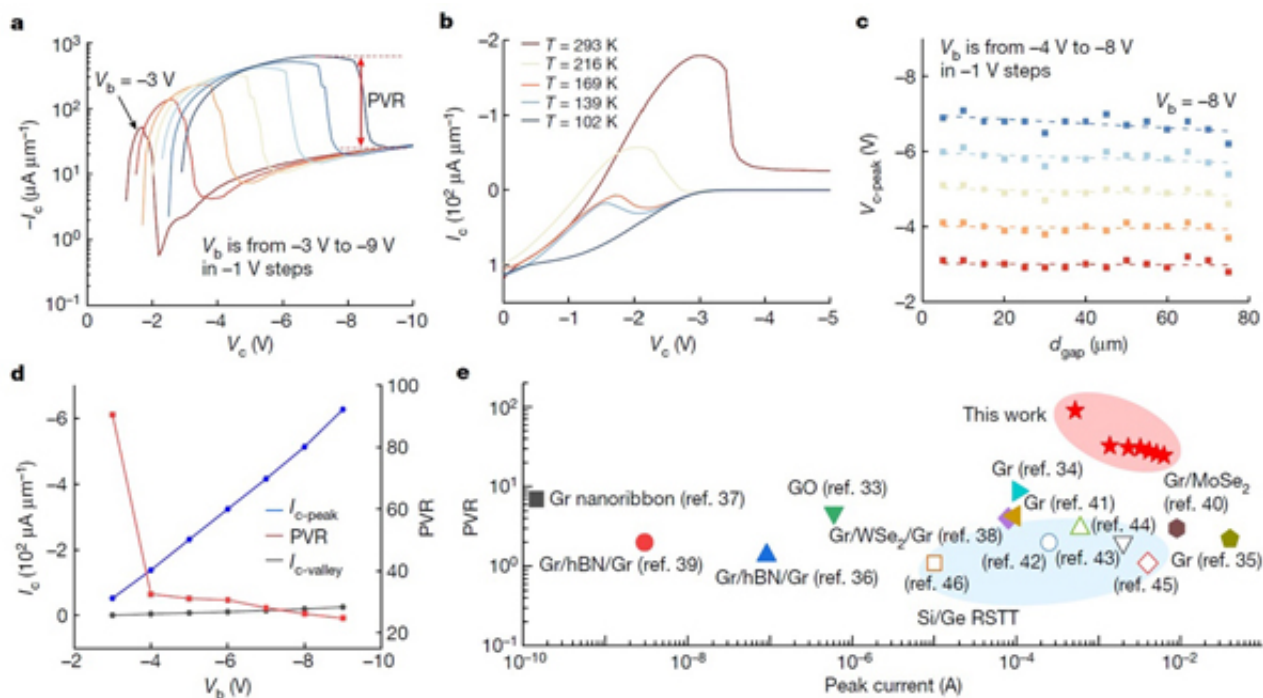


图3. 负微分电阻。a. 输出特性曲线；b. 输出特性中电流的温度依赖性；c. 峰值电流偏压与缝隙宽度关系图；d. 峰谷电流比；e. 峰谷电流比性能对比图。

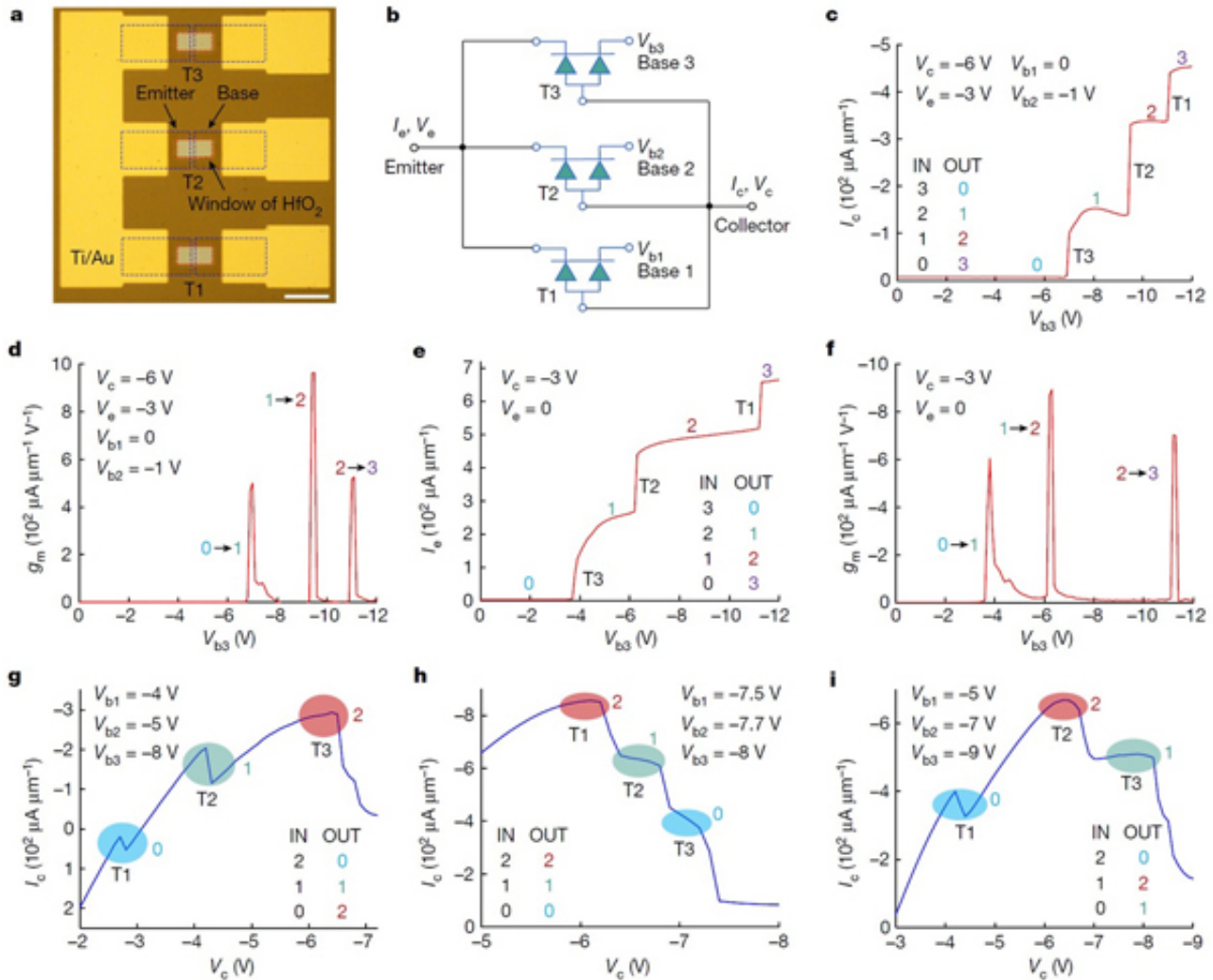


图4. 用于多值逻辑计算的热发射极晶体管电路。a. 电路光镜图；b. 等效电路图；c. 集电极电流作为输出的四值数字逻辑反向器；d. 集电极电流对应的跨导；e. 发射极电流作为输出的四值数字逻辑反向器；f. 发射极电流对应的跨导；g. 三值反向器；h. 三值跟随器；i. 三值加法器元件。

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/>

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