氮化镓外延层中位错辅助的电子和空穴传输研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/34517.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！

氮化镓外延层中位错辅助的电子和空穴
传输研究取得进展
。氮化镓（GaN）基电子器件具有高频、高效、耐高温及抗辐射等特性，是下一代高效电力电子与射频电子系统的核心支撑器件，已在5G/6G通信、智能消费电子等领域凸显出应用优势。GaN基器件主要基于异质外延材料制作，由于外延衬底与GaN基外延层（如AlGaN/GaN异质结构）间严重的晶格失配和热失配，GaN基异质结构外延薄膜不可避免地存在高密度线性位错（约10^8 cm^{-2} ），远高于硅和碳化硅等半导体材料。螺位错、刃位错以及两者的混合位错是GaN基异质外延中最主要的位错类型，这些位错诱导的漏电与可靠性退化问题是制约GaN基电子器件向更高电压和更大功率应用拓展的关键挑战。

中国科学院微电子研究所联合
中国科学院半导体研究所、北京大学、香港科技大学、剑桥大学、武汉大学和苏州能讯高能半导

-动态导通电阻退化的影响机理，构建了“ 双通道位错输运 ”模型，明确了GaN外延层中螺位错和刃位错可分别充当电子与空穴的独立传输路径，对器件漏电和动态电阻的退化产生相反的影响。

研究团队利用课题组前期开发的深能级瞬态谱测试系统、低温光致发光、导电/电势原子力显微镜等多种先进表征方法，结合第一性原理计算，从原子层级明确了螺位错在其开核侧壁诱导形成纵向连通的超浅能级电子态，同时在位错核心区域形成电子势阱，形成贯穿外延层的“ 电子通道 ”。
刃位错则
在其周围诱导形成
连续分布的空穴陷阱，这些陷阱与碳掺杂GaN缓冲层中的C_N型缺陷耦合，形成“ 空穴通道 ”。

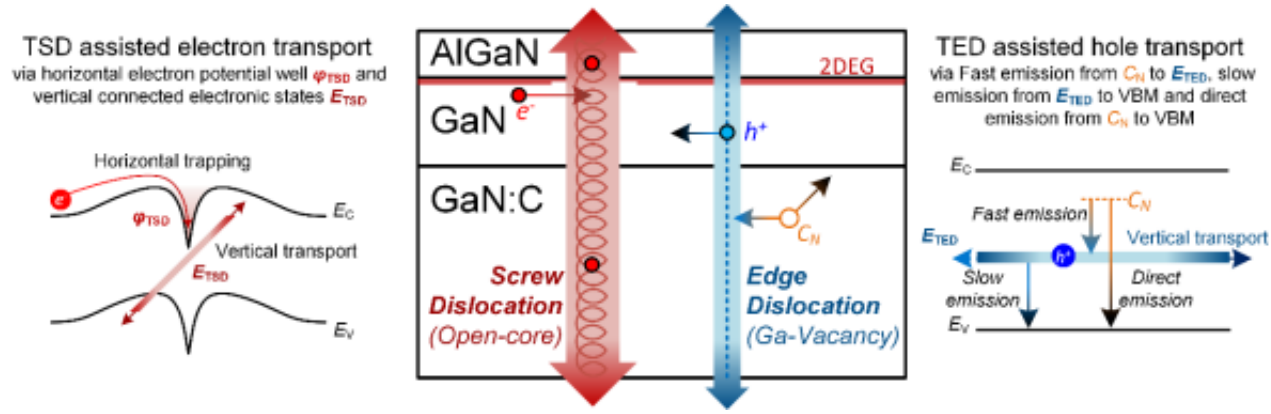
研究团队在650-V级GaN基HEMT器件上进行了电学测试验证，发现即便总位错密度较低，螺位错主导的器件在高压开关应力作用下，其动态导通电阻退化幅度仍显著高于刃位错主导器件。该现象印证了螺位错易导致电子泄漏、电荷堆积与电流崩塌，而刃位错辅助的空穴再分布则有助于缓解缓冲层电子积累，从而减轻动态性能衰退。研究提示，通过外延工艺调控螺位错与刃位错的

比例，有望在保持整体晶体质量的前提下，实现GaN功率器件在漏电与动态可靠性之间的最优平衡。

该研究成果为GaN器件中的“缺陷工程”开辟了新思路，提出将位错视为可工程化的一维载流子管道，而非单纯的有害结构缺陷。该策略有望推广至其他半导体材料体系，为构建“位错电子学”理论体系奠定基础。

相关研究成果以*Dislocation-Assisted Electron and Hole Transport in GaN Epitaxial Layers*为题，发表在《自然-通讯》（*Nature Communications*）上。研究工作得到国家自然科学基金等的支持。

论文链接



GaN外延中位错电子-空穴双通道输运模型

研究团队单位：微电子研究所

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转发