国际首支1200V的硅衬底GaN基纵向功率器件

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/21301.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！

国际首支1200V的硅衬底GaN基纵向功率器件。 氮化镓(GaN)电子器件具有更高耐压，更快的开关频率，更小导通电阻等诸多优异的特性，在功率电子器件领域有着广泛的应用前景：从低功率段的消费电子领域，到中功率段的汽车电子领域，以及高功率段的工业电子领域，目前650V级的GaN基横向功率器件(如HEMT)已经广泛应用于消费类电子产品的快充设备、大数据中心的电源管理系统，而有望应用到电动汽车上的1200
V级器件是GaN功率电子器件领域的研究热点和难点。

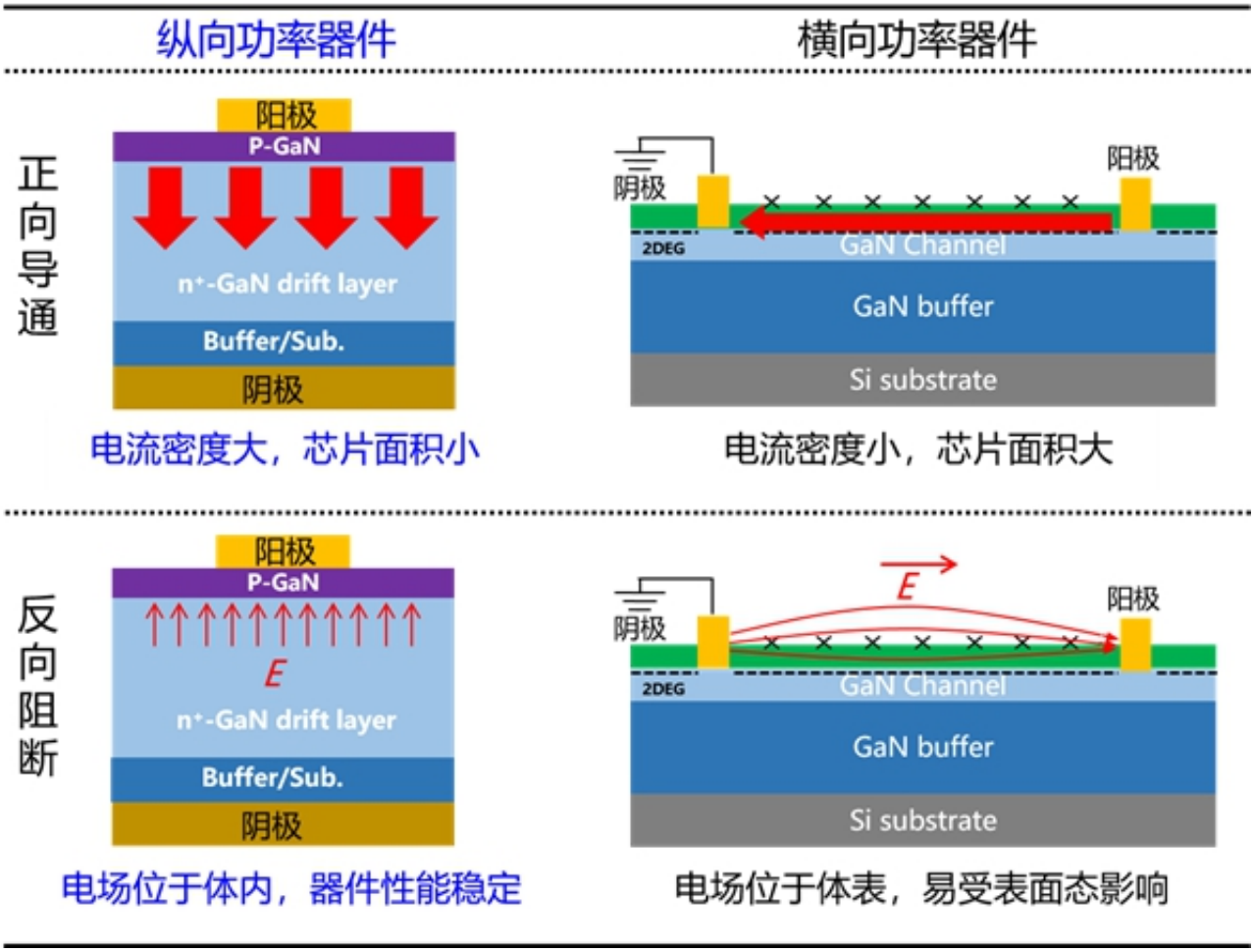


图1. GaN基纵向、横向功率器件的特点比较

相比于横向功率电子器件，GaN纵向功率器件能提供更高的功率密度/晶圆利用率、更好的动态特性、更佳的热管理，而大尺寸、低成本的硅衬底GaN纵向功率电子器件吸引了国内外众多科研团队的目光，近些年已取得了重要进展。

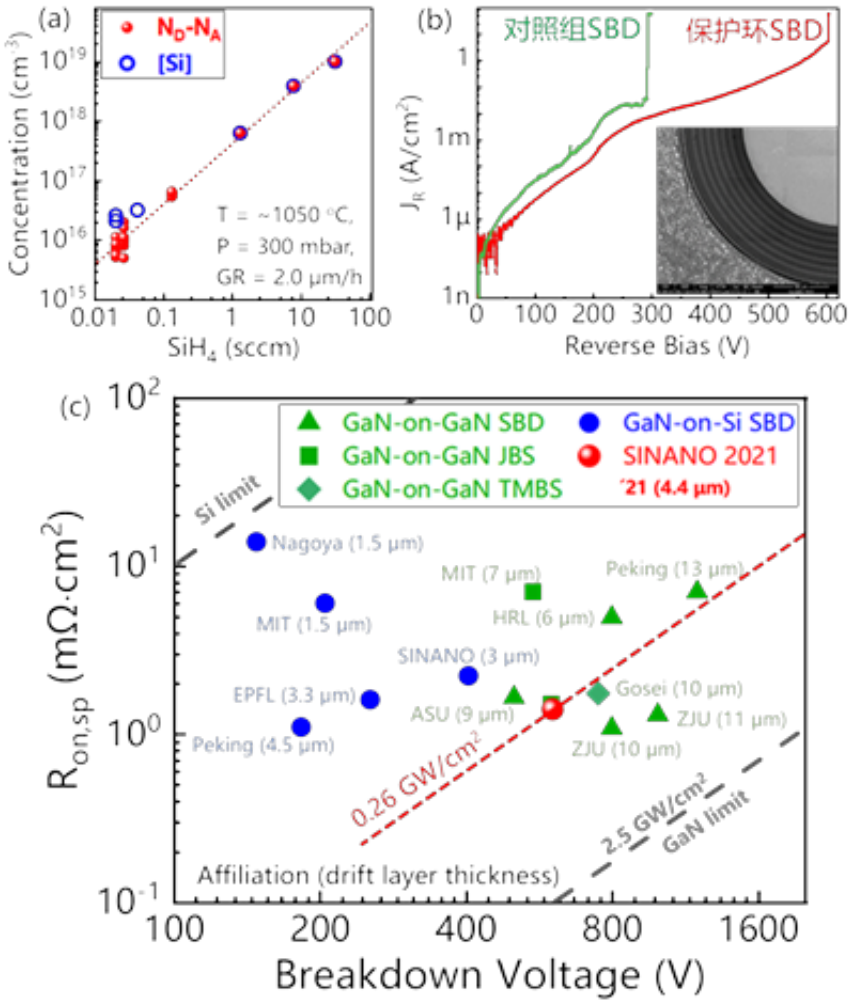


图 2.(a) 受硅烷流量影响的漂移层Si的掺杂浓度(SIMS数据)和净载流子浓度(C-V数据); (b) 离子注入保护环对器件反向电学特性的影响，插图：离子注入保护环的SEM图; (c) GaN基纵向功率二极管的关态击穿电压与开态导通电阻(Ron,sp)的评价体系。国内外相关研究团队的自支撑衬底和硅衬底GaN基肖特基势垒二极管(SBD)，结势垒肖特基二极管(JBS)，凹槽MOS型肖特基二极管(TMBS)器件性能的比较

中科院苏州纳米所孙钱研究团队先后在漂移区的掺杂精准调控、器件关态电子输运机制及高压击穿机制、高性能离子注入保护环的终端开发等核心技术上取得突破，曾经研制出关态耐压达603 V、器件的Baliga优值(衡量器件正反向电学性能的综合指标)为0.26GW/cm2的硅衬底GaN纵向肖特基势垒二极管，相关指标为公开报道同类型器件的最佳值(IEEE Electron Device Letters, vol. 42, no. 4, pp. 473-476, Apr 2021; Applied Physics Letters, vol. 118, no. 24, 2021, Art. no. 243501; IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 68, no. 11, pp. 5682-5686, 2021)。

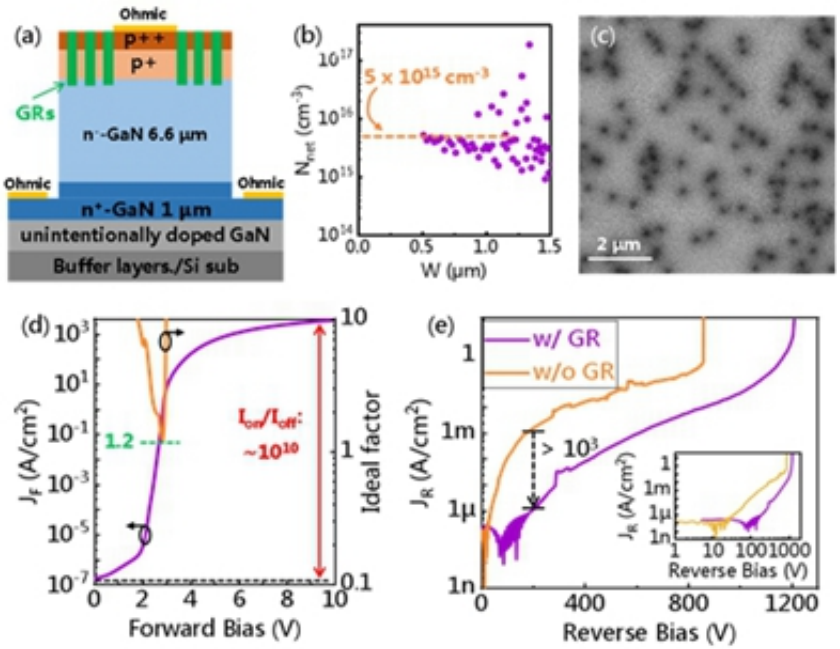


图3.(a) 硅衬底GaN纵向p-n功率二极管的示意图; (b) 随漂移区深度分布的净载流子浓度;(c) 漂移区外延材料的CL-mapping图;(d) 带保护环器件的正向电学数据;(e)保护环对器件反向电学特性的影响

在前期工作基础上，近期团队基于6.6 μm厚、穿透位错密度低至9.5 x 107 cm-3的高质量硅基GaN漂移区材料(为公开报道器件中的最低值)，成功研制了1200 V的pn功率二极管。器件的理想因子低至1.2;在反向偏置电压为1000 V的条件下，器件在温度为175℃的工作环境，仍然能正常工作，10次功率循环的测试表明器件具有较佳的可靠性，且受偏置电压和导通时间影响的动态导通电阻降低现象得到了研究，相关工作以1200-V GaN-on-Si Quasi-Vertical p-n Diodes为题发表于微电子器件领域的顶级期刊IEEE Electron Device Letters 43 (12), 2057-2060 (2022)，第一作者为中科院苏州纳米所特别研究助理郭小路博士，通讯作者为孙钱研究员和特别研究助理钟耀宗博士。

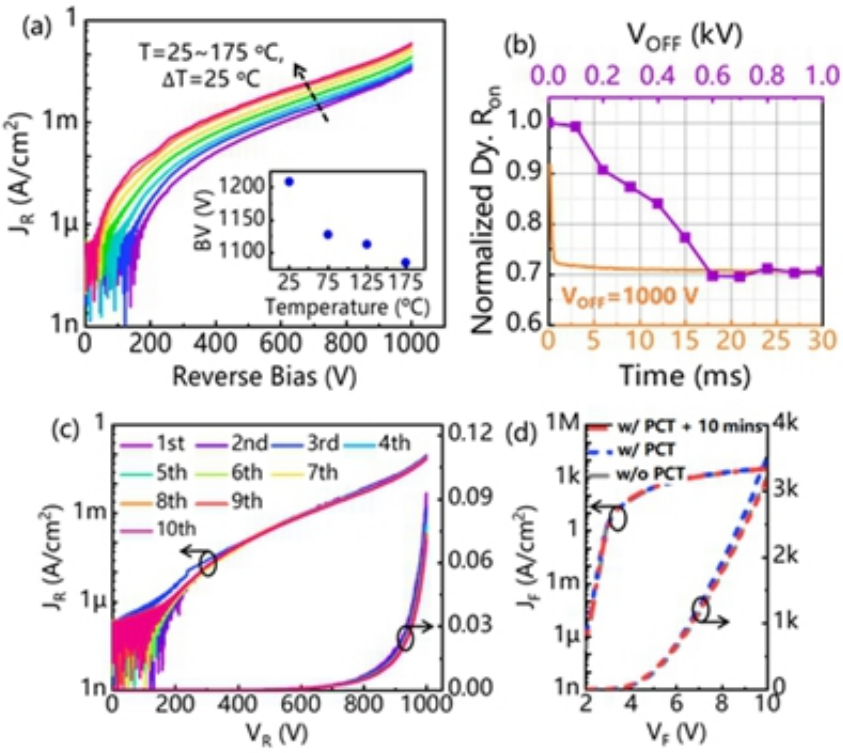


图4.(a) 温度依赖的反向电学特性;(b) 受反向偏压影响的动态导通电阻及其时间分辨图;(c) 连续的功率循环测试及其(d)测试前、后器件的正向电学特性曲线

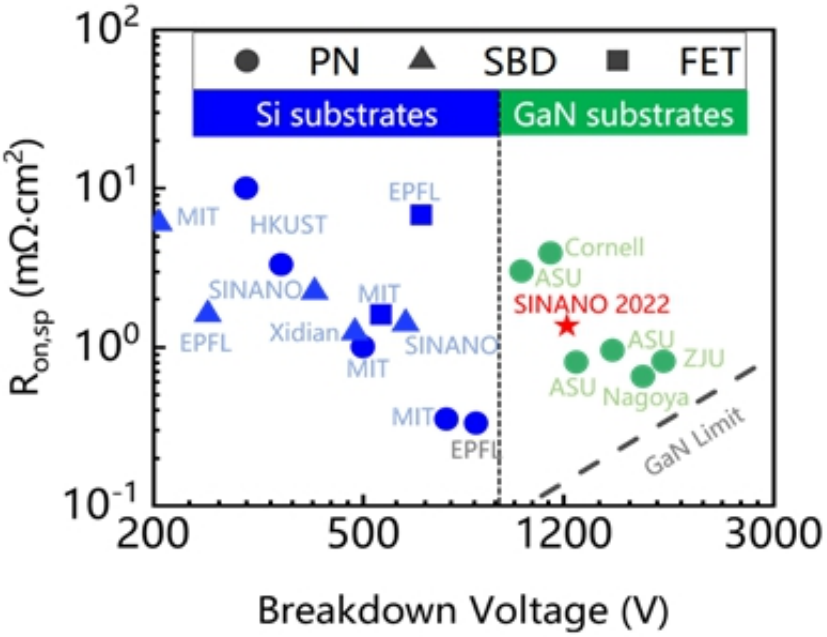


图5.GaN基纵向功率二极管的关态击穿电压与开态导通电阻(Ron,sp)的评价体系。国内外相关研究团队的自支撑衬底和硅衬底GaN基肖特基势垒二极管(SBD)，p-n功率二极管(PN)，场效应晶体管(FET)器件性能的比较

上述研究工作得到了国家重点研发计划项目、国家自然科学基金项目、中国科学院重点前沿科学

研究计划、江苏省重点研发计划项目等资助。(来源：中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所)

相关论文信息：https://doi.org/10.1109/LED.2022.3219103

作者：孙钱等 来源：《IEEE电子器件快报》

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