



后摩尔时代第三代半导体材料与器件: 应用与进展

李京波^{1*}, 夏建白²

1. 浙江大学光电科学与工程学院, 杭州 310027;

2. 中国科学院半导体研究所, 北京 100083

* 联系人, E-mail: jbli@zju.edu.cn

The Third generation semiconductor materials and devices in the post Moore era: Applications and progress

Jingbo Li^{1*} & Jianbai Xia²

¹ College of Optical Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

² Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China

* Corresponding author, E-mail: jbli@zju.edu.cn

doi: 10.1360/TB-2023-0436



李京波

浙江大学求是特聘教授、博士生导师。主要研究方向为半导体掺杂机制、光电材料与器件、二维半导体器件等。曾获国家自然科学奖二等奖、安徽省科技进步奖一等奖、江西省自然科学奖一等奖等。

随着电子信息技术进入后摩尔时代, 人们期望探寻一些新材料、新技术以推进半导体科学技术的进一步发展。作为新一代战略电子材料, 宽禁带半导体材料具有禁带宽度大、功率高、载流子迁移率高、饱和电子速度快、耐高温高压等优异特性, 吸引了越来越多的关注。宽禁带半导体材料研究持续推进着LED照明产业的不断发展, 从Mini-LED到Micro-LED, 持续影响半导体照明产业, 而且在大功率激光器、紫外杀菌/探测领域发挥着重要的作用。宽禁带半导体材料技术也是支撑电子行业的重要关键技术, 从新能源汽车到洲际旅行, 从5G/6G生活到AR/VR/数字人, 宽禁带半导体都发挥着重要的作用。尤其是在目前技术竞争和合作的大环境下, 宽禁带领域在国际上受到越来越多的关注和重视。

我国研究人员为该领域的研究作出了积极的贡献, 并取得了一系列的重要研究成果。借此机会, 我们组织本期“后摩尔时代第三代半导体材料与器件”专题, 集中展现该领域的部分研究进展, 以促进学术交流。本期专题邀请了该领域多位学者撰文, 内容涉及垂直氮化镓器件技术^[1]、宽禁带异质集成技术^[2]、宽禁带材料掺杂技术^[3]、GaN基低温外延技术^[4]和碳化硅MOSFET功率器件关键技术^[5]等方面。具体内容包括: 李博等人^[1]综述了单晶氮化镓材料制备、垂直氮化镓功率晶体管和氮化镓驱动IC的最新进展(2011~2022年), 展望了在中、低压范围内比较热门且发展前景较好的应用场景。韩根全等人^[2]介绍了其课题组在高导热衬底异质集成晶体管和超结晶体管两类Ga₂O₃功率晶体管方面的最新研究成果, 指明了利用离子注入-键合剥离工艺实现的高导热衬底Ga₂O₃异质集成晶圆和器件是解决Ga₂O₃低导热瓶颈的有效方法, 并成功制备了基于p型氧化镍/n型氧化镓异质结的Ga₂O₃功率二极管和超结晶体管。邓惠雄等人^[3]介绍了其课题组在碳化物、氧化物、氮化物宽禁带半导体中掺



夏建白

中国科学院半导体研究所研究员、博士生导师，中国科学院院士。主要从事低维半导体微结构电子态的量子理论及其应用研究。曾获中国科学院自然科学奖一等奖、国家自然科学基金二等奖、何梁何利基金科学与技术进步奖等。

杂与缺陷机理及性能调控方面的研究工作，为宽禁带半导体材料的理论研究与实际应用提供了有益的思路和方法。余佳东等人^[4]总结了GaN基低温外延技术的发展现状，厘清了不同技术的特点、设备结构以及相关的最新研究进展。吴望龙等人^[5]介绍了碳化硅MOSFET功率器件制造过程中栅氧层的优化策略和调控工艺，为该碳化硅MOSFET芯片的产业化提供了有益的思路和途径。

本期专题是关于“后摩尔时代第三代半导体材料与器件”的研究进展和综述。这些文章全面展示了作者们对该领域的认识与理解以及对后摩尔时代第三代半导体材料与器件相关技术的物理机制和应用前景的思考与实践。这种实践对于该领域的研究热点与未来发展至关重要。值此专题出版之际，我们希望提高该领域在国内的影响力，同时鼓舞研究生和青年学者的研究热情，为解决该领域中的学术问题提供有益的思路。

参考文献

- 1 Li B, Yin Y, Yang Z C, et al. Recent progress on the vertical GaN power transistor and its integrated circuit (in Chinese). Chin Sci Bull, 2023, 68: 1727–1740 [李博, 尹越, 阳志超, 等. 垂直氮化镓功率晶体管及其集成电路的发展状况. 科学通报, 2023, 68: 1727–1740]
- 2 Han G Q, Wang Y B, Xu W H, et al. Progress of gallium oxide heterogeneous and heterojunction power transistors (in Chinese). Chin Sci Bull, 2023, 68: 1741–1752 [韩根全, 王轶博, 徐文慧, 等. 氧化镓异质集成和异质结功率晶体管研究进展. 科学通报, 2023, 68: 1741–1752]
- 3 Deng H X, Wei S H, Li S S. Review of defect physics and doping control in wide-band-gap semiconductors (in Chinese). Chin Sci Bull, 2023, 68: 1753–1761 [邓惠雄, 魏苏淮, 李树深. 宽禁带半导体掺杂机制研究进展. 科学通报, 2023, 68: 1753–1761]
- 4 Yu J D, Luo Y, Wang L, et al. Low temperature epitaxial technology for GaN-based materials (in Chinese). Chin Sci Bull, 2022, 67: 1762–1776 [余佳东, 罗毅, 汪莱, 等. GaN基材料的低温外延技术. 科学通报, 2022, 67: 1762–1776]
- 5 Wu W L, Wang X Z, Li J B. Gate-oxide interface performance improvement technology of 4H-SiC MOSFET (in Chinese). Chin Sci Bull, 2023, 68: 1777–1786 [吴望龙, 王小周, 李京波. 4H-SiC MOSFET栅氧界面性能提升工艺. 科学通报, 2023, 68: 1777–1786]