



重慶大學
CHONGQING UNIVERSITY

碳化硅电力电子实验室

-专注于碳化硅功率半导体芯片可靠性及其测评技术

版本号: v1.0; 日期: 2026.04.15; 联系人: 蒋华平

联系地址: 重庆市沙坪坝区大学城南路 55 号重庆大学虎溪校区工科大楼 C 栋 306

Address: Engineering Building C, Chongqing University, No. 55 Daxuecheng South Road, Chongqing, China

联系方式: huaping.jiang@cqu.edu.cn

目 录

1. 实验室简介	1
2. 实验室定位	1
3. 研究方向	1
3.1. 碳化硅器件物理与可靠性机理	2
3.2. 碳化硅器件可靠性测评技术	2
3.3. 碳化硅器件与测评系统研发	2
4. 研究特色与优势	2
5. 研究条件	3
6. 技术基础	4
7. 代表性成果	4
7.1. 代表性学术论文	5
7.2. 代表性发明专利	5
7.3. 代表性器件与设备	6
8. 团队情况	7
9. 交流	7

1. 实验室简介

碳化硅电力电子实验室专注于碳化硅（SiC）功率半导体芯片的可靠性及测评技术研究，面向电力电子核心应用场景：电动汽车主电驱、固态变压器（SST）和柔直换流阀。实验室围绕器件物理、可靠性机理、测试评价方法以及测评系统开发开展工作，强调器件—机理—测评—系统的完整科研链条。实验室面向电力电子应用背景中的关键器件问题，注重从器件本体出发理解其工作机理、失效演化与工程约束，并在此基础上开展测试技术和测试装备研发。

实验室依托重庆大学电力电子相关学科平台，长期面向高速发展的国际前沿领域——碳化硅电力电子开展研究，研究内容契合国家双碳和新能源战略需求。相较传统基于 IGBT 的技术路线，碳化硅功率半导体器件在高效、小型化和轻量化等方面具有显著优势，在电动汽车、充电设施、光伏发电、直流与柔性直流输电等领域具有重要应用前景。实验室强调芯片、测试与应用的贯通，力求在碳化硅功率半导体关键问题上形成有深度、有特色、有支撑条件的持续积累。

2. 实验室定位

实验室定位于碳化硅功率半导体芯片可靠性及其测评技术研究，重点针对电动汽车主电驱、固态变压器（SST）和柔直换流阀三大典型电力电子应用场景下的关键可靠性问题开展研究，并在相关测试评价方法、测试平台与测评系统方面形成特色。与一般以电路、拓扑或控制为主的电力电子团队不同，实验室更加聚焦于功率半导体器件本体及其测试评价问题，强调从器件物理与失效机理出发，支撑器件研发、可靠性分析与技术验证。

在研究布局上，实验室以碳化硅器件可靠性为主线，同时延伸至器件相关研发与测评系统研发，兼顾学术研究与工程实现，力求在“器件—机理—测评—系统”之间形成连续衔接。实验室既适合开展有深度的机理研究，也具备一定的装置、系统和测试平台开发基础，可支撑相关方向的科研探索与项目合作。

从团队积累看，实验室兼备学术研究与产品研发背景，贯通电力电子与功率半导体芯片方向，既关注器件层面的基础问题，也重视测试评价、平台实现和应用验证。这一定位有利于支撑科研、人才培养和面向产业需求的技术合作。

3. 研究方向

实验室针对电动汽车主电驱、固态变压器（SST）和柔直换流阀三大典型电力电子应用场景，围绕碳化硅功率半导体与电力电子技术中的关键器件问题开展研究，重点聚焦器件物理、可靠性机理、测试评价技术以及相关测评系统研发。

总体上，实验室当前研究内容可归纳为以下三个方向：

3.1. 碳化硅器件物理与可靠性机理

本方向围绕碳化硅功率器件在电、热、场等应力作用下的关键物理过程与可靠性演化机理开展研究，重点关注器件工作与退化过程中阈值漂移、参数离散、耐受能力变化及相关失效机理等问题。研究内容既包括从器件物理层面对相关现象进行解释，也包括面向应用场景对其影响规律进行分析。

本方向强调从机理层面理解器件性能演化与可靠性问题，力求揭示关键现象背后的物理本质，为器件设计优化、测试评价方法建立以及工程应用判断提供依据。

3.2. 碳化硅器件可靠性测评技术

本方向围绕碳化硅器件可靠性测试与评价中的关键技术问题开展研究，重点关注动态阈值漂移、 dv/dt 耐受、抗辐照能力以及其他相关应力条件下的测试方法、测试流程、评价指标与数据分析方法。研究目标是形成能够反映器件真实特性的测评技术体系，使机理研究能够通过实验手段得到验证，并服务于器件研发与工程应用。

本方向强调测试方法与评价方法的针对性、有效性和可重复性，重视在复杂工作条件下对器件状态变化进行识别、表征和量化，为碳化硅器件可靠性研究提供实验支撑。

3.3. 碳化硅器件与测评系统研发

本方向围绕碳化硅器件相关研发及其测评系统、测试装置和实验平台的实现开展工作，重点包括器件相关设计、测试平台开发、驱动与控制电路设计、程序开发以及结构与系统实现等内容。研究目标是在器件研究与测试评价需求之间建立有效支撑手段，使相关研究不仅停留在原理分析层面，也能够形成可运行、可验证、可扩展的实验与测试系统。

本方向强调系统实现能力与工程化能力，注重将机理研究和测试需求转化为具体平台、装置和设备，为实验研究、技术验证和项目合作提供支撑。

4. 研究特色与优势

实验室研究工作具有较为明确的方向聚焦，长期针对电动汽车主电驱、固态变压器（SST）和柔直换流阀三大典型电力电子应用场景，围绕碳化硅功率半导

体器件及其可靠性问题开展研究，不以宽泛的电力电子系统为主要对象，而是将器件本体、工作机理和评价手段作为核心关注点。这一聚焦使实验室在方向上具有较强辨识度，也有利于在具体问题上形成持续积累。

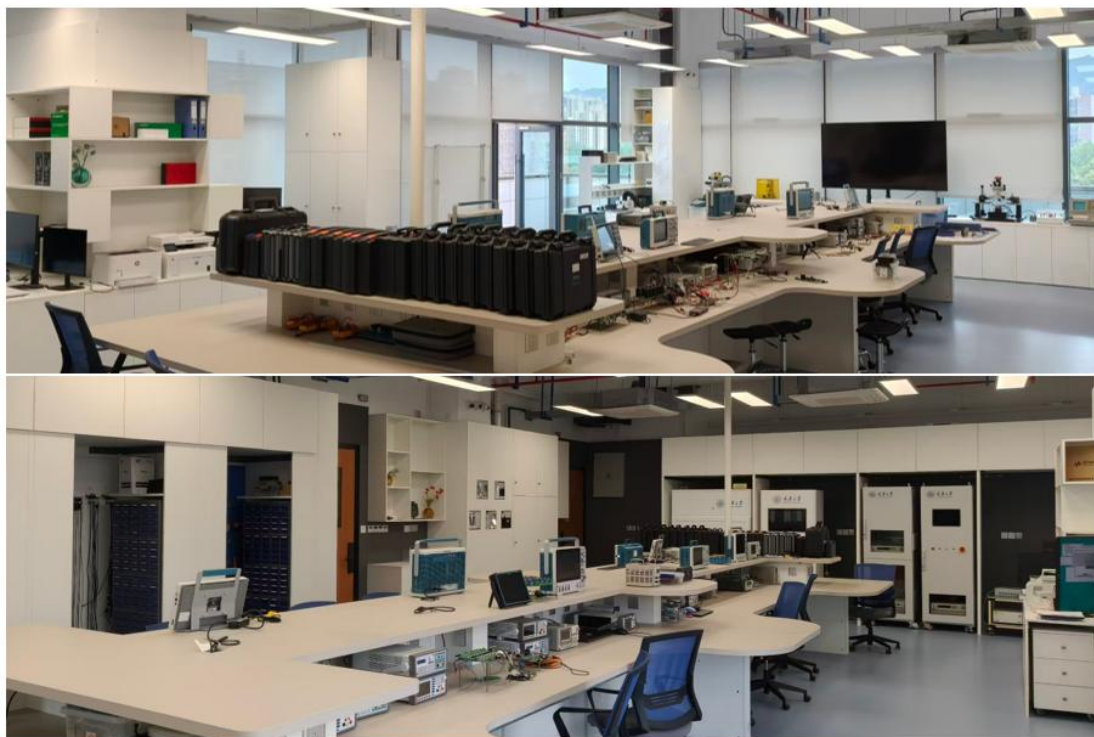
实验室以可靠性为研究主线，不仅关注器件“是否可靠”，更关注其在特定工作与应力条件下“为什么会变化、如何变化、如何评价”。在此基础上，实验室兼顾机理研究、测评技术和系统研发，形成了从物理机制分析到实验评价，再到装置和平台实现的研究链条。

实验室同时注重学术研究与工程实现的结合。相关研究既面向论文、专利和科学问题，也面向测试技术、测试装备和系统实现，力求使研究工作既有理论深度，也有工程支撑和实际应用价值。实验室主要建设者长期兼具产业研发与高校科研背景，曾在中国中车从事相关工作 6 年，并在英国 Dynex Semiconductor Ltd、英国 University of Warwick 和重庆大学持续开展相关研究与研发工作，这使实验室在研究选题、技术路径、工程实现和成果转化认知方面具有较好的综合优势。

5. 研究条件

实验室具备开展碳化硅器件可靠性研究与测评技术研发所需的基本研究条件，拥有相应的实验场地、测试平台、设备基础和实验支撑环境，可用于器件特性研究、可靠性测试、评价方法验证以及相关系统与装置开发。实验条件既服务于器件物理与可靠性机理研究，也支撑测评技术与测试系统研发工作。

实验室现有研究与测试场地 108 平方米，建有面向器件特性研究、可靠性测评与系统研发的相关实验平台。现有研究条件强调“围绕研究问题组织平台”，而非单纯堆叠设备。实验室在研究过程中更加注重实验平台与研究任务之间的对应关系，使场地、平台、设备与研究方向形成有效衔接，为开展持续性研究和项目实施提供基础支撑。



6. 技术基础

实验室针对电动汽车主电驱、固态变压器（SST）和柔直换流阀三大典型电力电子应用场景，在碳化硅功率半导体相关研究中已形成一定的技术基础，能够支撑器件研究、测试评价和测评系统研发等工作。相关基础主要体现在芯片设计与仿真、电路设计与仿真、程序设计与开发、结构设计与开发等方面，并能够根据研究任务需要，将上述能力有机结合于测试平台、实验系统和相关装置开发之中。

这些技术基础使实验室不仅能够围绕具体科学问题开展机理分析，也能够将研究需求落实到具体的实验实现和系统实现中，从而增强研究工作的完整性和支撑能力。在此基础上，实验室能够将器件本体研究、测试评价方法和系统实现要求贯通考虑，支撑“器件物理与可靠性机理—可靠性测评技术—测评系统研发”三个研究方向之间的协同推进，从而形成较好的综合研发支撑能力。

7. 代表性成果

近年来，实验室针对电动汽车主电驱、固态变压器（SST）和柔直换流阀三大典型电力电子应用场景，围绕碳化硅功率半导体器件、可靠性机理分析与测试评价等方向开展研究，在相关领域发表学术论文 70 余篇，其中期刊论文 40 余篇、会议论文 30 余篇；中国发明专利 30 余项，其中已授权 26 项，另有英国发明专利 2 项；牵头制定第三代半导体联盟团体标准 1 项，参与制定美国

JEDEC 标准 1 项。代表性成果涵盖碳化硅功率器件可靠性评价、专用测试平台开发及相关器件/设备研究等内容，较好体现了实验室在“机理—测评—系统”链条上的研究特色，也反映出实验室在相关方向上的持续积累和综合能力。

7.1. 代表性学术论文

[1] L. Tang, H. Jiang*, R. Liao, Y. Huang, X. Zhong, X. Qi, L. Liu and Q. Zhang, "Impact of the Threshold Dispersivity Evolution on the Current Sharing of Parallel SiC MOSFETS," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 39, no. 5, pp. 6312-6326, May 2024.

该工作主要针对并联 SiC MOSFET 在阈值离散性演化条件下的电流均流问题开展研究，揭示了阈值分散变化对器件并联一致性的影响规律。该成果属于“碳化硅器件物理与可靠性机理”方向，体现了实验室将器件参数演化机理与实际应用问题相结合的研究特色。

[2] H. Jiang*, X. Qi, G. Qiu, X. Zhong, L. Tang, H. Mao, Z. Wu, H. Chen and L. Ran, "A Physical Explanation of Threshold Voltage Drift of SiC MOSFET Induced by Gate Switching," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 37, no. 8, pp. 8830-8834, Aug. 2022.

该工作主要针对 SiC MOSFET 在栅极开关过程中出现的阈值电压漂移现象，从器件物理角度给出了相应解释。该成果属于“碳化硅器件物理与可靠性机理”方向，体现了实验室围绕动态阈值漂移问题开展机理研究的特色。

[3] H. Mao, H. Jiang*, L. Ran, J. Hu, G. Qiu, J. Wei, H. Chen, X. Zhong, N. Xiao, L. Wang and M. Yang, "An Asymmetrical Power Module Design for Modular Multilevel Converter With Unidirectional Power Flow," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 38, no. 1, pp. 1092-1103, Jan. 2023.

该工作主要针对单向功率流模块化多电平换流器中的功率模块设计问题，提出了相应的非对称功率模块结构方案。该成果体现了实验室在功率器件相关设计与工程实现方面的研究基础，也反映出实验室能够将器件研究与电力电子应用需求相联系。

7.2. 代表性发明专利

[1] 蒋华平,廖瑞金,钟笑寒,谢宇庭,汤磊,赵柯,肖念磊. 多工作模式电路的控制装置及其控制方法: CN116743138A [P],2023. (授权)

该专利主要面向多工作模式测试或实验电路中的控制实现问题，旨在提升测试过

程中的功能切换与控制灵活性。该成果体现了实验室在测试平台控制装置与相关系统开发方面的能力。

[2] 蒋华平,廖瑞金,戚晓伟,钟笑寒,汤磊,赵柯,肖念磊. 绝缘栅型半导体器件的阈值电压恢复方法及相关产品: CN116743134A [P],2023. (授权)

该专利主要面向绝缘栅型半导体器件阈值电压测试与恢复过程中的关键问题,服务于相关可靠性评价和测试流程实现。该成果体现了实验室围绕阈值电压相关测评问题开展方法和装置研发的能力。

[3] 蒋华平,廖瑞金,赵柯. MOS 型半导体器件的栅极驱动电路和电力变换装置:CN 116436450A [P],2023. (授权)

该专利主要面向 MOS 型半导体器件相关实验与应用中的栅极驱动问题,为器件测试与应用验证提供支撑。该成果体现了实验室在驱动电路设计及相关平台装置开发方面的技术基础。

7.3. 代表性器件与设备

[1] 车规级 1200V20m Ω 碳化硅 MOSFET 芯片

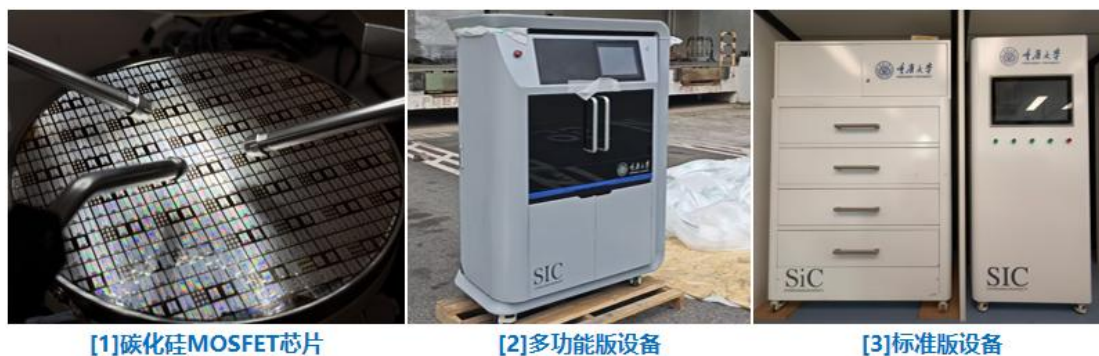
该芯片体现了实验室在碳化硅功率半导体芯片方向上的研究基础,可为器件特性、可靠性及相关应用研究提供对象支撑。该成果反映了实验室不仅关注测试评价,也重视器件本体相关研究。

[2] 动态阈值漂移 (DGS) 测试设备 (多功能版)

该设备面向碳化硅 MOSFET 动态阈值漂移问题开展测试与评价,可支持多种工作模式和更丰富的实验需求。该成果体现了实验室在可靠性测评技术与测试系统研发方面的系统实现能力。

[3] 动态阈值漂移 (DGS) 测试设备 (标准版)

该设备面向动态阈值漂移测试的标准化、规范化需求,适合开展针对性较强的测试与评价工作。该成果体现了实验室在测试平台工程化和测评技术落地方面的能力。



8. 团队情况

实验室目前形成了由教师、研究生及专职辅助人员共同构成的研究团队。团队现有教师 2 名，另有行政助理 1 名、技术员 1 名；研究生中，博士研究生约 2-3 名，硕士研究生约 9 名。团队规模适中，能够较好支撑器件研究、测试评价、平台研发与日常运行等工作。

团队在运行上注重研究与支撑并重，既有围绕科研问题持续推进的研究力量，也有保障平台建设、实验组织和日常管理的辅助力量。这种团队结构有利于实验室在开展研究工作的同时，保持较好的执行力和持续性。

实验室依托重庆大学电气工程相关高水平学术平台，团队学术支撑力量较强。相关依托教师长期聚焦电力装备、设备、器件等关键技术研究，具有较高学术影响力和持续研究积累。团队主要建设者长期从事电力电子器件及其应用技术研究，其中在中国中车具有 6 年工业界背景，并在英国 Dynex Semiconductor Ltd、英国 University of Warwick 和重庆大学持续从事相关研究与研发工作。这种学术平台支撑与产业研发经历相结合的背景，为实验室开展器件研究、测试评价与系统研发提供了较强支撑。

在人才培养方面，实验室注重培养兼具器件理解、测试能力与工程实现能力的复合型人才，相关毕业生已在国内外高校、科研机构及行业重点单位持续发展。

9. 交流

实验室欢迎碳化硅功率半导体器件、可靠性机理分析、测试评价技术及相关测评系统研发等方向的同行和单位开展交流。对于相关研究合作、技术讨论和平台交流，欢迎通过电子邮箱联系：Huaping.Jiang@cqu.edu.cn。