



团 体 标 准

T/CASAS 065—2026

SiC MOSFET 器件交流-湿度-温度循环试验 方法

Alternating Current - Humidity and temperature cycles testing ,
method for silicon carbide metal oxide semiconductor field effect
transistors (SiC MOSFET)

2026 - 06 - 30 发布

2026 - 06 - 30 实施

目 次

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 原理..... 1

5 试验条件..... 1

6 仪器设备..... 2

 6.1 一般要求..... 2

 6.2 功率偏置单元（电源）..... 2

 6.3 温湿交变系统..... 2

 6.4 测量设备或测量系统..... 2

7 样品..... 2

8 试验步骤..... 2

 8.1 试验流程..... 2

 8.2 应力条件..... 2

9 试验数据处理..... 3

 9.1 试验数据记录..... 3

 9.2 试验数据分析..... 3

10 失效判定..... 3

11 试验报告..... 3

参考文献..... 4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）制定发布，版权归CASA所有，未经CASA许可不得随意复制；其他机构采用本文件的技术内容制定标准需经CASA允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：忱芯科技(上海)有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、广电计量检测集团股份有限公司、安徽长飞先进半导体股份有限公司、深圳平湖实验室、国网上海市电力公司电力科学研究院、西安交通大学、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟。

本文件主要起草人：毛赛君、严雪松、陈媛、李汝冠、陆月明、肖磊、徐新兵、陈哲、周行星、杨奉涛、王来利、高伟。

引 言

碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管(SiC MOSFET)在其材料特性、低开关损耗、更高的功率密度、更高的系统效率、可靠性及全生命周期成本的综合优势,新能源发电光伏储能风电变流器已经开始逐步采用SiC MOSFET器件。SiC MOSFET器件作为新能源光伏储能风电变流器最核心的功率部件,其电热特性以及可靠性直接影响逆变器系统的可靠性和性能,此外,SiC MOSFET功率模块的有功对拖测试可以进行以实际应用工况为导向的老化特性测试以及可靠性测试,验证SiC MOSFET功率模块在不同应用工况下的可靠性。

当前可靠性试验仅模拟一种或者两种(交变或稳定)条件试验,不足以发现SiC器件在实际应用场景中全部失效问题。SiC MOSFET器件交流-湿度-温度循环试验通过引发冷凝,在边缘接区形成冷凝水层触发与户外应用高温高湿环境相关的失效模式。这些失效模式对于SiC器件长期应用可靠性有非常重要的意义。SiC MOSFET功率器件实际应用场景(高山/沙漠/海面/海底等——低压/低温;温变;湿度;湿度/高压等)影响因素如下:温度变化、湿度变化、交变电压。

SiC MOSFET 器件交流-湿度-温度循环试验方法

1 范围

本文件描述了碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管（SiC MOSFET）交流-湿度-温度循环试验方法，包括：试验装置、试验程序以及失效判据。

本文件适用于SiC MOSFET分立器件和不含集成驱动、保护电路的SiC MOSFET模块的交流-湿度-温度循环试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 4023.8 半导体分立器件 第8部分：场效应晶体管
- T/CASAS 006 碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管通用技术规范

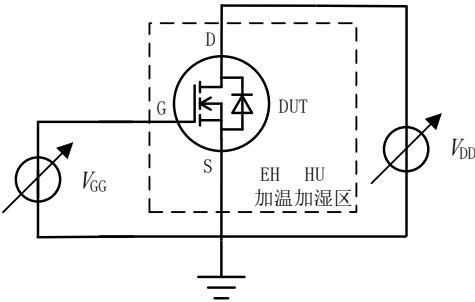
3 术语和定义

GB/T 4023.8界定的术语和定义适用于本文件。

4 原理

交流-湿度-温度循环试验旨在发现SiC MOSFET器件在交变电流、交变温度、交变湿度下的失效风险点。本试验侧重于SiC MOSFET器件在新能源（光伏、储能、风电）领域应用中大量的水分进入器件。在湿度的影响下，芯片钝化层结构以及芯片边缘密封的薄弱点会受到不同程度的影响，造成器件腐蚀或氧化。交变的工作环境会加剧SiC MOSFET器件的失效风险。

试验电路如图1所示，将偏置电源 V_{GG} 连接到SiC MOSFET的栅极和源极，偏置电源 V_{DD} 连接到SiC MOSFET的漏极和源极，施加所需的偏置电压。



标引符号说明：

- DUT —— 试验样品；
- V_{GG} 、 V_{DD} —— 偏置电源；
- EH HU —— 加温加湿区（虚线方框区域）。

图1 试验电路图

5 试验条件

- 试验环境条件为：
- a) 环境温度:25 °C±5 °C；

- b) 相对湿度:40 %RH~60 %RH;
- c) 大气压:86 kPa~106 kPa。

6 仪器设备

6.1 一般要求

SiC MOSFET器件的交流-湿度-温度循环试验装置应能够提供合适的SiC MOSFET偏置电压及所需的交流、交变温度、交变湿度环境。

6.2 功率偏置单元（电源）

功率偏置单元（电源）应能满足半导体器件所需的偏置电压范围。

6.3 温湿交变系统

使用具有良好温度及环境湿度控制能力的温湿交变系统，以提供所需的高温高湿应力环境。温湿交变系统宜具备快速升温 and 降温的能力，以缩短试验周期；升温速率宜 $\geq +1.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，降温速率宜 $\geq -1.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

6.4 测量设备或测量系统

包括但不限于示波器、电流表、电压表、温度传感器、源测量单元等，能够记录相关的试验数据，包括温度、试验时间、电参数测试信息和结果。

7 样品

试验样品应为外观完好，电参数测量符合器件产品手册或者与客户协定的规范要求的SiC MOSFET分立器件及模块。

8 试验步骤

8.1 试验流程

本试验的试验应力见图2：

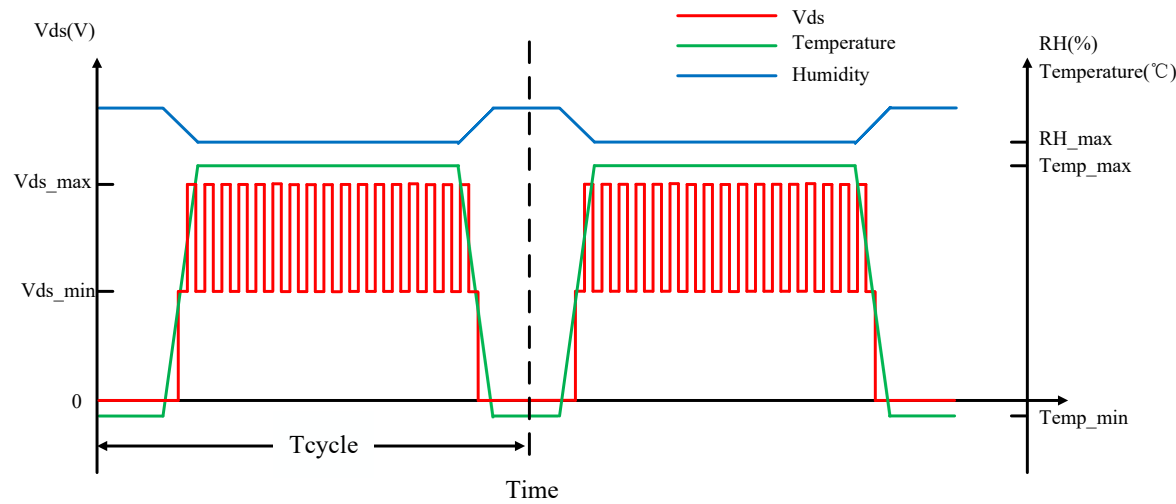


图2 试验应力图

8.2 应力条件

试验必须按照IEC 60747-8、IEC 60747-2的要求进行，并增加以下内容：

表1 应力条件

参数	值
试验持续时间	$\geq 500\text{ h}$
单次循环中高温应力持续时间	$\geq 6\text{ h}$
单次循环中低温应力持续时间	$\geq 1.5\text{ h}$
试验最高温度 ($T_{a\text{ max}}$)	$\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}^{\text{a}}$
试验最低温度 ($T_{a\text{ min}}$)	$\leq -20\text{ }^{\circ}\text{C}$
最高相对湿度 (RH_{max})	$\leq 95\text{ \%}^{\text{a}}$
漏-源最高电压 ($V_{\text{DS max}}$)	$\leq 0.8 V_{\text{DS max}}$
漏-源最低电压 ($V_{\text{DS min}}$)	$\geq 0.5 V_{\text{DS max}}$
漏-源电压频率	$\leq 100\text{ kHz}$
栅-源电压	$V_{\text{GS}}=0\text{ V}^{\text{b}}$
^a 为电应力施加阶段;	
^b 如果不能保证在 $V_{\text{GS}}=0\text{ V}$ 时完全关断, 则必须使用数据表中推荐的最小静态 $V_{\text{GS min}}$ 。	

9 试验数据处理

9.1 试验数据记录

试验过程中应记录应力条件和电特性参数, 其中应力条件包含:

- a) 试验温度 T_{a} , 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);
- b) 试验相对湿度 RH , 单位为百分比 (%);
- c) 栅-源电压 V_{GS} 和漏-源电压 V_{DS} , 单位为伏特 (V);
- d) 试验时间 t , 单位为小时 (h);
- e) 电特性参数包含: 漏极泄漏电流 I_{DSS} , 单位为纳安 (nA)。

9.2 试验数据分析

试验样品完成试验和测量后, 应对电特性参数进行计算分析:

- a) 试验前后的漏极泄漏电流 I_{DSS} 与产品规范的限值进行比较;
- b) 试验后的电特性参数与试验前的漏极泄漏电流 I_{DSS} 进行变化率计算, 计算公式如下:
变化率 = 试验后的漏极泄漏电流/试验前的漏极泄漏电流 $\times 100\%$ …………… (1)

10 失效判定

试验样品完成试验和数据处理后, 符合以下任一条目即判定为失效:

- a) 漏极泄漏电流 I_{DSS} 超过产品规范的限值;
- b) 漏极泄漏电流 I_{DSS} 参数变化超过1 000 %或客户规定的失效阈值;
- c) 出现外部物理损伤。

11 试验报告

试验结束应提供试验报告, 其中记录的数据应至少包括:

- a) 试验样品名称及数量;
- b) 试验电压、试验时间、试验湿度和试验温度;
- c) 试验前后外观检查结果;
- d) 试验前后测量的漏极泄漏电流 I_{DSS} ;
- e) 试验异常现象 (若有) 及处理;
- f) 本文件的标准编号;
- g) 试验结果。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4586—1994 半导体器件 分立器件 第8部分：场效应晶体管
 - [2] GB/T 2423.34—2024 环境试验 第2部分：试验方法 试验Z/AD：温度/湿度组合循环试验
 - [3] AEC-Q101 Stress test qualification for discrete semiconductors
 - [4] AQG 324 Qualification of power modules for use in power electronics converter units in motor vehicles
 - [5] ECPE Guideline PSRRA 02 (01.07/2024)
 - [6] IEC 60068-2-38 Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test
 - [7] IEC 60747-2-2016 Semiconductor devices - Part 2: Discrete devices - Rectifier diodes
 - [8] IEC 60747-8-2021 Semiconductor devices - Discrete devices - Part 8: Field-effect transistors
 - [9] IEC 60749-23-2011 Semiconductor devices - Mechanical and climatic test methods - Part 23: High temperature operating life
 - [10] JEP183A SiC MOSFET Guidelines for measuring the threshold voltage(VT) of SiC MOSFET
 - [11] 英飞凌企业质量白皮书 如何控制和保证基于SiC的功率半导体器件的可靠性
-